TESIS - TI185471

RANCANGAN JARINGAN RANTAI PASOK DENGAN KONSOLIDASI FASILITAS DAN PERMINTAAN PASAR PASCA AKUISISI: STUDI KASUS PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.

ROI BUDI SETIYAWAN
02411850077011

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D., CSCP
Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER
DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2020

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
Di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:
ROI BUDI SETIYAWAN
NRP: 02411850077011

Tanggal Ujian: 3 Agustus 2020
Periode Wisuda: September 2020

Disetujui Oleh:
Pembimbing:

1. Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D., CSCP ----------
   NIP: 196912311994121000

2. Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D. ----------
   NIP: 198407062009122007

Penguji:

1. Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D. ----------
   NIP: 197005231996011001

2. Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D. ----------
   NIP: 197109271999031002

Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem

Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D.
NIP: 197005231996011001

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

RANCANGAN JARINGAN RANTAI PASOK DENGAN KONSOLIDASI FASILITAS DAN PERMINTAAN PASAR PASCA AKUISISI: STUDI KASUS PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.

Nama mahasiswa : Roi Budi Setiyawan
NRP : 02411850077011
Pembimbing : Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D., CSCP
Co-Pembimbing : Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Penelitian ini membahas permasalahan strategis yang dihadapi oleh produsen semen yang memiliki pangsa pasar terbesar di Indonesia setelah mengakuisisi pesaing. Permasalahan strategis ini meliputi penentuan alokasi fasilitas produksi yang tepat untuk melayani suatu area permintaan, keputusan untuk tetap mengoperasikan dan atau menghentikan operasi fasilitas *grinding plant* dan atau *packing plant*, penentuan jumlah *clinker* yang dikirim dari pabrik semen terintegrasi ke *grinding plant*, penentuan jumlah *cement bulk* yang dikirim dari pabrik semen terintegrasi ke *packing plant* dan penentuan jumlah produksi semen di masing-masing fasilitas produksi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan merancang jaringan rantai pasok untuk meminimalkan total biaya tahunan dalam memenuhi permintaan semen di semua area pemasaran di Indonesia. Jaringan rantai pasokan dimodelkan secara matematis dan solusi optimal diselesaikan dengan menggunakan metode *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) dengan mempertimbangkan biaya tetap infrastruktur fasilitas, biaya produksi *clinker*, semen curah dan semen dalam kantong serta biaya transportasi. Hasil penelitian memberikan rekomendasi bahwa dalam situasi pasar yang *oversupply* saat ini untuk menutup 21 dari 31 unit *packing plant* dan 2 dari 3 unit *grinding plant* serta alokasi distribusi material (*clinker*, semen curah dan semen dalam kantong) antar fasilitas produksi dan zona *market*. Tingkat utilisasi diperoleh sebesar 76,6% dari total kapasitas *integrated cement plant* yang dimiliki setelah akuisisi.

Kata kunci: Manajemen rantai pasok, *Production-Distribution Allocation Problem*, Semen, Akuisisi, *Mixed Integer Linear Programming (MILP).*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

SUPPLY CHAIN NETWORK DESIGN WITH FACILITY CONSOLIDATION AND MARKET DEMAND POST-ACQUISITION : CASE STUDY OF PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk.

By	: Roi Budi Setiyawan
Student Identity Number	: 02411850077011
Supervisor	: Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D., CSCP
Co-Supervisor	: Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

This study addresses a supply chain network design by considering company acquisition. This issue encountered by the largest market share cement manufacturer in Indonesia, which is PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. This problem consists of determining the right allocation of production facilities to serve an area of demand, the decision to continue to operate or stop the operation of a grinding plants and or packing plants, determining the number of clinkers sent from the integrated cement plants to the grinding plants and the determination of the amount of cement production in each production facility. This research was conducted with the aim of designing the supply chain network in order to minimize total annualized cost in meeting demand in all marketing areas in Indonesia. The supply chain network is mathematically modelled and the optimal solution is solved using the mixed integer linear programming (MILP) method by considering the fixed costs of facility infrastructure, clinker and cement in bag and bulk unit production and distribution costs. The results provide recommendation that in the current oversupplied market situation to close 21 out of the 31 units of the packing plant and 2 of 3 units of the grinding plant along with the allocation of each facility with a utilization rate of 76.6% of the total capacity of integrated cement plant owned after the acquisition.

Keywords: Supply Chain Network, Production-Distribution Allocation Problem, Cement, Acquisition, Mixed Integer Linear Programming (MILP).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puja dan puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah menganugrahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan penelitian ini dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa penulis haturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW. Penelitian ini dilakukan untuk menyelesaikan studi magister teknik di Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Topik dalam penelitian ini sangat relevan dengan kondisi aktual pada perusahaan tempat penulis bekerja.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada :

1. Istri & anak-anakku tercinta, atas segala doa dan dukungan yang luar biasa.
2. Kedua orang tua penulis, Ayahanda **Sholiq** dan Ibunda **Rini Setyowati**, atas segala doa dan dukungan yang tak terhingga selama ini.
3. **Bapak Prof. Ir. I Nyoman Pujawan, M.Eng., Ph.D., CSCP** selaku dosen pembimbing Tesis, dan **Ibu Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D.** selaku dosen ko-pembimbing Tesis, atas segala ilmu, kesabaran, motivasi serta bimbingan yang diberikan selama kegiatan perkuliahan sampai dengan penyelesaian tesis ini.
4. Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS sekaligus Kepala Laboratorium Pemodelan Kuatitatif dan Rekayasa Kebijakan Sistem Industri **Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.** selaku Dosen Penguji 1 Tesis, atas segala ilmu yang telah diberikan pada mata kuliah *Quantitative Modelling* serta masukan yang diberikan dalam penyelesaian tesis ini.
5. Kepala Program Studi Pascasarjana **Bapak Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D.** selaku Dosen Penguji 2 Tesis, atas segala ilmu yang telah diberikan pada mata kuliah *Logistics and Supply Chain Management,* semangat dan motivasi untuk menyelesaikan studi tepat waktu, serta masukan yang diberikan dalam penyelesaian tesis ini.

6. Kepala Departemen *Center of Dynamic Learning* (CDL) beserta jajaran serta manajemen **PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.,** atas dukungan terbaik dalam program studi magister ini.
7. **Bapak Dr.Eng. Erwin Widodo, S.T., M.Eng.** atas segala dukungan, motivasi dan bimbingan yang diberikan kepada kami semua.
8. **Bapak Dr.Eng., Ir. Ahmad Rusdiansyah, M.Eng.** yang selalu semangat dalam memberikan materi pelajaran dan studi kasus yang aplikatif pada topik *distribution network*.
9. **Ibu Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D., Bapak Prof. Ir. Budi Santosa, M.Sc., Ph.D., Bapak Prof. Dr. Ir. Budisantoso Wirjodirdjo, M.E., Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc., Bapak Prof. Ir. Moses Laksono Singgih, M.Sc., M.Reg.Sc., Ph.D., Bapak Dr. Ir. I Ketut Gunarta, M.T., Ibu Dyah Santhi Dewi, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D., Bapak Dr. Ir. Bambang Syairudin, M.T., Ibu Dr. Ir. Sri Gunani Partiwi, M.T., Ibu Retno Widyaningrum, S.T., M.T, MBA, Ph.D., Bapak Dr. Adithya Sudiarno, S.T., M.T., Ibu Ratna Sari Dewi, S.T., MT., Ph.D** serta **seluruh dosen Jurusan Teknik Sistem dan Industri ITS** yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, atas segala ilmu yang telah diberikan.
10. Bu Rahayu Dwijayanti, Bu Fitri Nuraini, A.Md, serta seluruh karyawan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, atas segala dukungannya.
11. Seluruh rekan-rekan mahasiswa kelas kerja sama industri (KKI) dari Semen Indonesia dan rekan-rekan Mahasiwa S2 Reguler terutama yang sering berdiskusi di ruangan Residensi, atas dukungan dan kerja sama yang sangat bermanfaat.

Penulis menyadari bahwa Tesis ini masih belum sempurna sehingga kritik dan saran dari para pembaca sangat diharapkan dalam rangka perbaikan. Akhir kata, semoga laporan tesis ini dapat bermanfaat kepada para pembaca dan khususnya perusahaan tempat penulis bekerja.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN iii

ABSTRAK v

KATA PENGANTAR ix

DAFTAR ISI xi

DAFTAR GAMBAR xv

DAFTAR TABEL xvii

BAB 1 PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 9

1.3 Tujuan Penelitian 10

1.4 Manfaat Penelitian 10

1.5 Batasan dan Asumsi 11

1.6 Sistematika Penulisan 12

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA 15

2.1 *Supply Chain Management and Strategic Fit* 15

2.2 Desain Jaringan Dalam Rantai Pasok 21

2.3 *Multiproduct Flows* dan *Production/Distribution System* 23

2.4 Penelitian Dalam Permasalahan Jaringan Rantai Pasok *Multi-Echelon* 26

i. Penelitian oleh Tsiakis dan Papageorgiou (2008) 26

ii. Penelitian oleh Tsiakis, Shah dan Pantelides (2001) 34

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 41

3.1 Tahap Pengumpulan Data Terkait Rantai Pasok Semen 41

3.2 Pemetaan Konfigurasi Rantai Pasok Semen 42

3.3 Pemodelan Sistem Jaringan 43

a. Notasi 44

b. Perumusan Matematis Masalah Deterministik. 46

3.4 *Running* dan Verifikasi Model 49

3.5 Analisis Hasil 50
BAB 4 PENGUMPULAN DATA DAN IMPLEMENTASI DESAIN 53
4.1 Pengumpulan Data 53
4.1.1 Parameter pada Entitas *Integrated Cement Plant* 53
4.1.2 Parameter pada Entitas *Grinding Plant.* 54
4.1.3 Parameter pada Entitas *Packing Plant.* 56
4.1.4 Parameter pada Entitas *Market.* 58
4.1.5 Parameter *clinker factor.* 58
4.2 Finalisasi Model Jaringan Rantai Pasok Pasca Akuisisi 59
4.3 Implementasi Model 60
4.4 *Running* dan Verifikasi Model 60
4.4.1 Verifikasi terhadap tujuan pemenuhan permintaan (*demand*) 62
4.4.2 Verifikasi jumlah minimum produksi di *Integrated Cement Plant* 63
4.4.4 Verifikasi batasan struktur jaringan fasilitas produksi *grinding plant.* 65
4.4.5 Verifikasi batasan struktur jaringan fasilitas produksi *packing plant.* 65
4.4.6 Verifikasi terhadap batasan *nonnegativity* dan *integrality.* 66
BAB 5 ANALISIS HASIL DAN DISKUSI 69
5.1 Analisis keputusan hasil optimasi 69
5.1.1 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *grinding plant* 69
5.1.2 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *packing plant* 70
5.1.3 Keputusan alokasi antar fasilitas dan dari fasilitas menuju market 71
5.2 Perbandingan terhadap pola operasional masing-masing 78
5.2.1 Optimasi jaringan rantai pasok perusahaan yang diakuisisi 80
5.2.2 Optimasi jaringan rantai pasok perusahaan Semen Indonesia sebelum akuisisi 83
5.2.3 Hasil perbandingan 85
5.3 Implikasi praktis atas rekomendasi perubahan jaringan rantai pasok. .. 86
5.4 Analisis sensitivitas ketika terjadi perubahan *demand.* 87
5.3.1 Skenario peningkatan *demand* 88
5.3.2 Skenario penurunan *demand* 99
5.3.3 Trending perubahan *demand* terhadap utilisasi 103
5.3.4 Trending perubahan *demand* terhadap biaya satuan (unit cost) 105

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN 107
6.1 Kesimpulan 107
6.2 Saran 108
6.3 Peluang untuk penelitian selanjutnya 108
DAFTAR PUSTAKA 111
LAMPIRAN A - Tabel lanjutan 117
LAMPIRAN B - *Script* LINGO 119
LAMPIRAN C- Optimasi jaringan *supply chain* perusahaan yang diakuisisi 125
LAMPIRAN D- Optimasi jaringan *supply chain* perusahaan *holding* sebelum akuisisi 127
LAMPIRAN E - Skenario peningkatan *demand* 6,6% 131
LAMPIRAN F - Skenario peningkatan *demand* 10% 135
LAMPIRAN G - Skenario peningkatan *demand* 15% 139
LAMPIRAN H - Skenario peningkatan *demand* 20% 143
LAMPIRAN I - Skenario peningkatan *demand* 25% 147
LAMPIRAN J - Skenario peningkatan *demand* 30% 151
LAMPIRAN K - Skenario penurunan *demand* 5% 155
LAMPIRAN L - Skenario penurunan *demand* 10% 159
LAMPIRAN M - Skenario penurunan *demand* 15% 163

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data perbandingan *supply* dan *demand* pasar semen di Indonesia yang mengalami *oversupply* sejak tahun 2014 sampai dengan saat ini..... 2
Gambar 1. 2 Sebaran lokasi dan kapasitas total pemain industri semen di Indonesia..... 2
Gambar 1. 3 Data volume *oversupply* dan tingkat utilisasi kapasitas produksi..... 3
Gambar 1. 4 Sebaran dan kapasitas fasilitas *integrated cement plant* dan sebaran lokasi *packing plant* perusahaan semen yang diakuisisi Semen Indonesia..... 5
Gambar 1. 5 Aliran material dari lokasi produksi ke lokasi pasar..... 6
Gambar 1. 6 Sebaran dan kapasitas fasilitas produksi semen yang dimiliki Semen Indonesia pasca akuisisi..... 7
Gambar 2. 1 Aliran produk dalam rantai pasok semen..... 17
Gambar 2. 2 *Strategic fit* pada produk semen..... 21
Gambar 2. 3 Skema *production/distribution system*..... 24
Gambar 2. 4 Jaringan *rantai pasok* yang umum 35
Gambar 2. 5 Representasi jaringan *rantai pasok* yang umum 36
Gambar 3. 1 Konfigurasi Jaringan Rantai Pasok Semen di Semen Indonesia..... 43
Gambar 3. 2 Tahapan utama penelitian 52
Gambar 4.1 Konfigurasi Jaringan Rantai Pasok Semen di Semen Indonesia..... 61
Gambar 5.1 Grafik trending peningkatan *demand* terhadap utilisasi..... 105
Gambar 5.2 Grafik trending peningkatan *demand* terhadap total cost..... 106

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Data kapasitas pemain industri semen di Indonesia..... 3
Tabel 1. 2 Jumlah Lokasi Fasilitas di Indonesia 5
Tabel 4.1 Parameter kapasitas, biaya tetap operasional, biaya transportasi dan biaya satuan produksi pada *cement plants* (CPs) (Rp x 1.000)..... 54
Tabel 4.2 Parameter kapasitas, biaya satuan produksi, biaya tetap operasional dan biaya tetap penutupan pada *grinding plant* (GPs) (Rp x 1.000)..... 54
Tabel 4.3 Tabel Parameter Biaya Transportasi Semen Curah dari *Integrated Cement Plant j* ke Packing Plant *l* (Rp. X 1.000) 55
Tabel 4.4 Tabel Parameter Biaya Transportasi Semen Kantong dari Integrated Cement Plant *j* ke Market *m* (Rp. X 1.000)..... 55
Tabel 4.5 Parameter kapasitas, biaya satuan produksi, biaya tetap operasional dan biaya tetap penutupan pada *packing plant* (PPs) (Rp. X 1.000)..... 56
Tabel 4.6 Tabel Parameter Biaya Transportasi dari Grinding Plant *k* ke Market *m* (Rp. x 1.000)..... 57
Tabel 4.7 Tabel Parameter Biaya Transportasi dari Packing Plant *k* ke Market *m* (Rp. X 1.000) (*lanjutan tabel ini ditunjukkan pada tabel Lampiran G*) 57
Tabel 4.8 Tabel data *demand* pada masing-masing zona *market*..... 58
Tabel 4.9 Tabel verifikasi terhadap tujuan pemenuhan permintaan (*demand*)..... 63
Tabel 4.10 Tabel verifikasi pemenuhan jumlah minimum produksi di integrated cement plant..... 64
Tabel 4.11 Tabel verifikasi batasan struktur jaringan fasilitas produksi grinding plant. 65
Tabel 4.12 Tabel verifikasi batasan struktur jaringan fasilitas produksi packing plant. 65
Tabel 5.1 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k*..... 70
Tabel 5.2 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*..... 70
Tabel 5.3 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k*. .. 72

Tabel 5.4 Persentase produk integrated cement plant yang langsung dikirim menuju market 73
Tabel 5.5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons * 10.000). 74
Tabel 5.6 Jumlah semen bulk yang dikirim cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000). 74
Tabel 5.7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plant (GPs) ke market (Tons * 10.000). 77
Tabel 5.8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons * 10.000). 77
Tabel 5.9 Ringkasan hasil optimasi jaringan rantai pasok pasca akuisisi (Rp x 1.000) 78
Tabel 5.10 Tabel permintaan (*demand*) perusahaan yang diakuisisi 80
Tabel 5.11 Ringkasan hasil optimasi pada jaringan rantai pasok perusahaan yang diakuisi (Rp x 1.000) 82
Tabel 5.12 Utilisasi Cement Plant Seteleh diakuisisi perusahaan Semen Indonesia 82
Tabel 5.13 Tabel permintaan (*demand*) Semen Indonesia sebelum akuisisi 84
Tabel 5.14 Ringkasan hasil optimasi pada jaringan rantai pasok perusahaan yang diakuisi (Rp x 1.000) 85
Tabel 5.15 Ringkasan hasil optimasi skenario peningkatan *demand* 6,6% (Rp x 1.000). 89
Tabel 5.16 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant 90
Tabel 5.17 Ringkasan hasil optimasi skenario peningkatan *demand* 10% (Rpx1 .000). 91
Tabel 5.18 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant 92
Tabel 5.19 Ringkasan hasil optimasi skenario peningkatan *demand* 15% (Rp x 1.000) 92
Tabel 5.20 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant 94
Tabel 5.21 Ringkasan hasil optimasi skenario peningkatan *demand* 20% (Rp x 1.000) 94
Tabel 5. 22 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant 95

Tabel 5. 23 Ringkasan hasil optimasi skenario peningkatan *demand* 25% (Rpx1.000). 96
Tabel 5. 24 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant. 97
Tabel 5. 25 Ringkasan hasil optimasi skenario peningkatan *demand* 30% (Rpx1,000) 98
Tabel 5. 26 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant. 99
Tabel 5. 27 Ringkasan hasil optimasi skenario penurunan *demand* 5% (Rpx1,000) 99
Tabel 5. 28 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant. 100
Tabel 5. 29 Ringkasan hasil optimasi skenario penurunan *demand* 10% (Rpx1,000) 101
Tabel 5. 30 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant. 102
Tabel 5. 31 Ringkasan hasil optimasi skenario penurunan *demand* 15% (Rpx1,000) 102
Tabel 5. 32 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant. 103
Tabel 5. 33 Trending peningkatan *demand* terhadap utilisasi..... 104
Tabel 5. 34 Trending peningkatan demand terhadap total cost (Rp * 1.000.000) 106
Tabel C. 1 Biaya transportasi clinker dari cement plant *j* ke grinding plant *k*... 125
Tabel C. 2 Persentase produk integrated cement plant yang langsung dikirim menuju market. 125
Tabel C.3 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plants (Tons*10.000). 125
Tabel C. 4 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke markets (Tons * 10.000). 126
Tabel C. 5 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plant (GPs) ke market (Tons * 10.000). 126
Tabel C. 6 Jumlah semen yang dikirim dari packing plants (PPs) ke markets (Tons * 10.000). 126
Tabel D. 1 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k*.127
Tabel D. 2 Persentase produk integrated cement plant yang langsung dikirim menuju market. 127

Tabel D. 3 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke markets (Tons * 10.000). 128
Tabel D. 4 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke markets (Tons * 10.000). 128
Tabel D. 5 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plant (GPs) ke market (Tons * 10.000). 128
Tabel D. 6 Jumlah semen yang dikirim dari packing plants (PPs) ke markets (Tons * 10.000). 129
Tabel E. 1 Data *demand* ketika terjadi peningkatan sebesar 6.6% 131
Tabel E. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k*. 131
Tabel E. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k* 132
Tabel E. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l* 132
Tabel E. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons *10.000). 133
Tabel E. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000). 133
Tabel E. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000). 134
Tabel E. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons *10.000). 134
Tabel F.1 Data *demand* ketika terjadi peningkatan sebesar 10% 135
Tabel F.2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k*. . 135
Tabel F. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k* 136
Tabel F. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l* 136
Tabel F. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke markets (Tons * 10.000). 137
Tabel F. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000). 137
Tabel F. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000). 138
Tabel F. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons *10.000). 138

Tabel G.1 Data *demand* ketika terjadi peningkatan sebesar 15%..... 139
Tabel G.2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k.* 139
Tabel G.3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k*.... 139
Tabel G.4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l* 140
Tabel G. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons *10.000)..... 141
Tabel G. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000). 141
Tabel G. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000)..... 142
Tabel G. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons *10.000)..... 142
Tabel H. 1 Data *demand* ketika terjadi peningkatan sebesar 20%..... 143
Tabel H. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k.*143
Tabel H. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k*... 143
Tabel H. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l* 144
Tabel H. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons *10.000)..... 145
Tabel H. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000). 145
Tabel H. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000)..... 146
Tabel H. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons *10.000)..... 146
Tabel I. 1 Data *demand* ketika terjadi peningkatan sebesar 25% 147
Tabel I. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k.* 147
Tabel I. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k* 148
Tabel I. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*..... 148
Tabel I. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons *10.000)..... 149

Tabel I. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000). 149
Tabel I. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000). 150
Tabel I. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons *10.000). 150
Tabel J. 1 Data *demand* ketika terjadi peningkatan sebesar 30% 151
Tabel J. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k.* 151
Tabel J. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k* 152
Tabel J. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l* 152
Tabel J. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons *10.000). 153
Tabel J. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000). 153
Tabel J. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000). 154
Tabel J. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons *10.000). 154
Tabel K. 1 Data *demand* ketika terjadi penurunan sebesar 5% 155
Tabel K. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant j ke grinding plant k. 155
Tabel K. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k* 156
Tabel K. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l* 156
Tabel K. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons *10.000). 157
Tabel K. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000). 157
Tabel K. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000). 158
Tabel K. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons *10.000). 158

Tabel L. 1 Data *demand* ketika terjadi penurunan sebesar 10% 159
Tabel L. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant j ke grinding plant k. 159
Tabel L. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup Grinding Plant k.... 160
Tabel L. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*..... 160
Tabel L. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons *10.000). 161
Tabel L. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000)..... 161
Tabel L. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000). 162
Tabel L. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons *10.000). 162
Tabel M. 1 Data *demand* ketika terjadi penurunan sebesar 15%..... 163
Tabel M. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant j ke grinding plant k. 163
Tabel M. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup Grinding Plant k... 164
Tabel M. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l* 164
Tabel M. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons * 10.000)..... 165
Tabel M. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000). 165
Tabel M. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000)..... 166
Tabel M. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons *10.000)..... 166

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

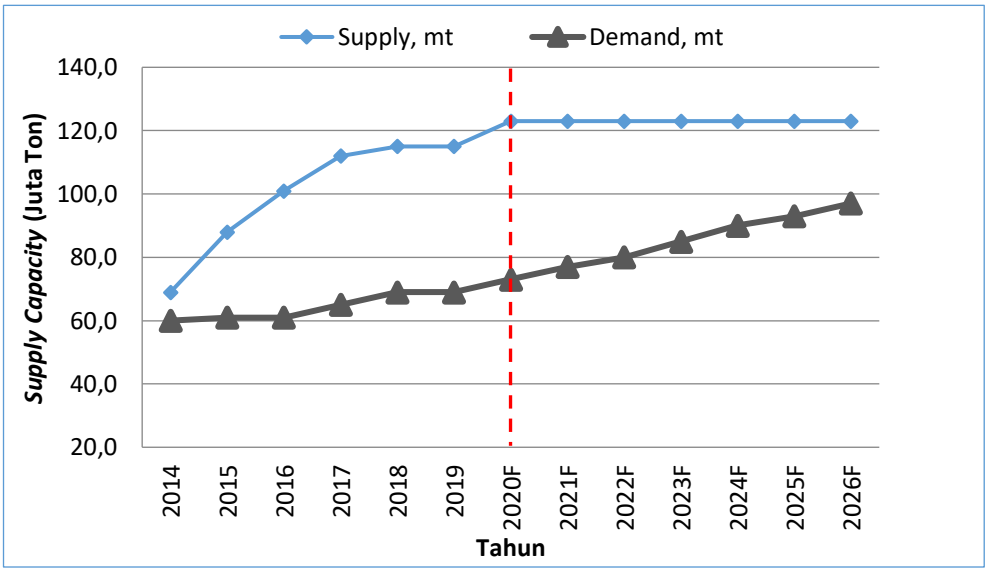
BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

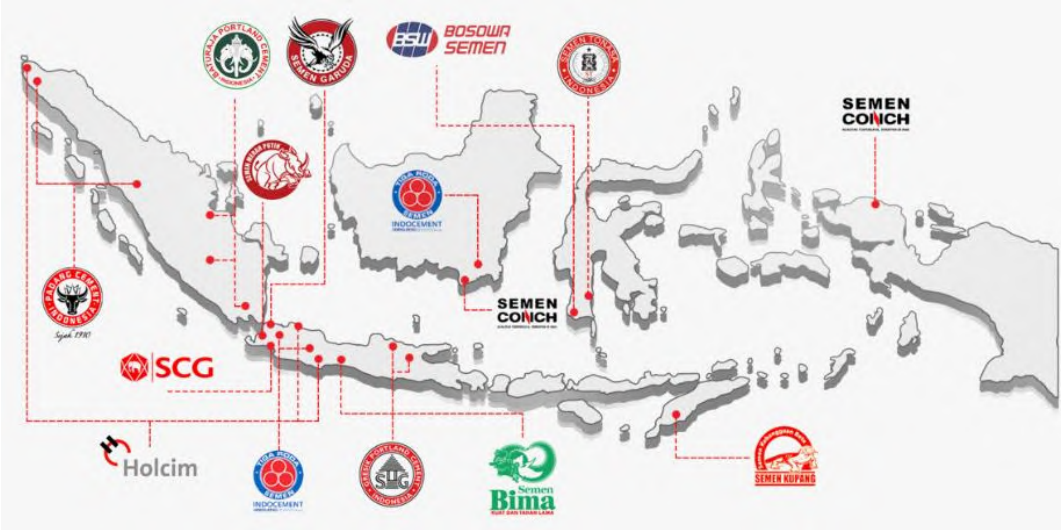
Berdasarkan data dalam laporan *market research* oleh Deutsche Bank mengenai *Indonesia Cement* 2020, kondisi pasar persemenan nasional mengalami *oversupply* sejak tahun 2014 (Gambar 1.1). Kondisi ini disebabkan oleh lebih tingginya peningkatan kapasitas fasilitas produksi semen dibandingkan dengan peningkatan *demand* yang relatif lebih rendah. Salah satu perusahaan semen nasional yang memiliki *market share* terbesar di Indonesia telah melakukan langkah strategis dengan membangun *integrated new cement plant* di Jawa Timur dan Sulawesi Selatan berkapasitas masing-masing 2,5 juta ton semen per tahun yang dimulai pada tahun 2009 dan beroperasi 3 (tiga) tahun kemudian. Setelah beroperasinya 2 (dua) pabrik baru tersebut, perusahaan yang sama juga membangun *integrated new cement plant* di Jawa Tengah dan Sumatra Barat dengan kapasitas yang sama besarnya yaitu masing-masing 2,5 juta ton semen per tahun. Hal ini mengindikasikan bahwa ada peningkatan kapasitas *supply* rata-rata sebesar 1,67 juta ton per tahun dari satu perusahaan ini saja. Peningkatan *supply* juga dipengaruhi oleh faktor masuknya beberapa pemain baru industri semen baik lokal maupun asing yang jumlahnya mencapai 15 perusahaan (Gambar 1.2) dengan kapasitas pada dalam Tabel 1.1. Para pemain baru ini membangun fasilitas produksi dengan kapasitas yang cukup besar mulai dari 1,7 – 4,4 juta ton semen per tahun di beberapa lokasi di seluruh Indonesia yaitu di Kalimantan Selatan, Banten, Jawa Tengah, Papua Barat dan direncanakan juga akan dibangun di Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan dan Kalimantan Barat. Kondisi *oversupply* ini mengakibatkan penurunan tingkat utilisasi fasilitas produksi para produsen semen (Gambar 1.3).

Harga semen (rupiah per ton) ikut mengalami tekanan pada kondisi *market* yang *oversupply*. Harga semen produksi perusahaan semen terbesar di Indonesia mengalami penurunan mulai Januari 2015 pada kisaran Rp 900 ribu per ton yang terus menurun sampai dengan Q4 2017 pada kisaran Rp 725 ribu per ton. Pada kondisi *oversupply* seperti ini strategi penjualan yang dilakukan oleh para pemain

industri semen beralih ke harga dan bukan lagi mengutamakan pangsa pasar (volume). *Demand* pada periode tersebut juga relatif *stagnan* dan bahkan sedikit mengalami penurunan. Kemudian pada Q1 2018 trend *demand* mulai meningkat yang diiringi dengan meningkatnya kembali harga mencapai Rp 800 ribu per ton semen (*Market Research Deutsche Bank - Indonesia Cement* 2020, Januari 2020).



Gambar 1.1 Data perbandingan *supply* dan *demand* pasar semen di Indonesia yang mengalami *oversupply* sejak tahun 2014 sampai dengan saat ini.



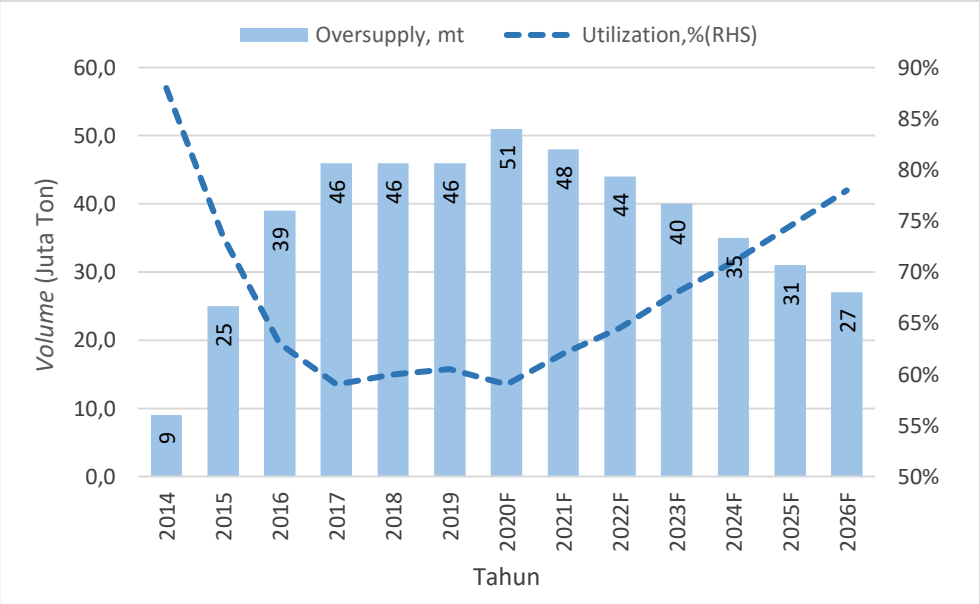
National Installed Capacity	*National Production Volume*	*Domestic Utilization*	*Domestic Growth*	*Supply* (MT)	
108.1 MT	75.1 MT	70.0%	4.80%	*Domestic* 69.5	*Export* 5.6

Gambar 1.2 Sebaran lokasi dan kapasitas total pemain industri semen di Indonesia. (Presentasi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk., 2019)

Tabel 1.1 Data kapasitas pemain industri semen di Indonesia

No	*Cement Player*	*Cap* (MT)	No	*Cement Player*	*Cap* (MT)
1	**Semen Indonesia**	**35,5**	9	Semen Jawa	1,8
2	Indocement TP	24,9	10	Semen Garuda	1,5
3	**SMCB**	**14,9**	11	Semen Serang	1,2
4	Semen Merah Putih	7,5	12	Semen Jakarta	1,0
5	Semen Bosowa	7,5	13	Semen Hippo	0,6
6	Anhui Conch Indonesia	3,9	14	Semen Kupang	0,3
7	Semen Baturaja	3,9	15	Semen Puger	0,3
8	Semen Bima	1,9			

Sumber: Presentasi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk., 2019



Gambar 1.3 Data volume *oversupply* dan tingkat utilisasi kapasitas produksi. (*Market Research Deutsche Bank - Indonesia Cement* 2020, Januari 2020)

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. yang untuk selanjutnya disebut "Semen Indonesia" merupakan pemain industri semen yang memiliki *market share* terbesar di Indonesia. *Market share*-nya mencapai 39,4% pada tahun 2018 walaupun secara *capacity share* hanya mencapai 33,2 % saja. Semen Indonesia mempunyai unit produksi *integrated cement plant* di Jawa Timur, Jawa Tengah, Sumatra Barat dan Sulawesi Selatan. Semen Indonesia juga mempunyai fasilitas grinding plant dan packing plant yang tersebar di beberapa pulau di Indonesia. Sejalan dengan visinya untuk menjadi perusahaan persemanan terbesar di kawasan regional, Semen Indonesia telah mengakuisisi perusahaan produsen semen di

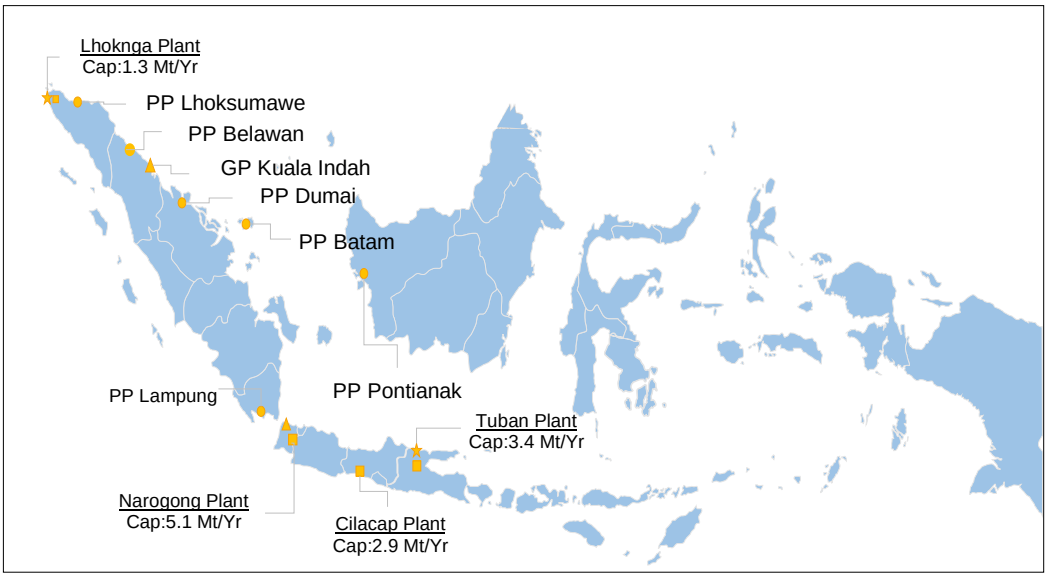
Vietnam yang mempunyai kapasitas produksi sebesar 2,3 juta ton semen per tahun pada tahun 2012.

Dalam kondisi *market* yang *oversupply*, Semen Indonesia telah melakukan aksi strategis korporasi dengan menyelesaikan transaksi pembelian saham perusahaan semen terbesar ketiga di Indonesia senilai Rp 12,9 triliun untuk 80,6% lembar saham pada awal tahun 2019. Perusahaan semen yang diakuisisi ini memiliki kapasitas produksi sebesar 14,8 juta ton semen per tahun dengan lokasi unit produksi *integrated cement plant* di Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat dan Aceh serta beberapa fasilitas packing plant yang tersebar di Sumatera (Lhoksumawe, Belawan, Dumai, Batam dan Lampung) dan Kalimantan (Pontianak) (Gambar 1.4). Akuisisi ini dilakukan oleh Semen Indonesia dengan pertimbangan beberapa keuntungan baik *strategic* dan *operational value* yaitu:

a. *Strategic value* pertama yang diperoleh Semen Indonesia adalah peningkatan *market share* menjadi sebesar 53,4% di akhir Desember 2019 dan tetap menjadikan Semen Indonesia sebagai *market leader* di industri persemenan nasional. Hal ini akan menciptakan skala *benefit* di sepanjang *value chain* bagi Semen Indonesia sebagai pemain industri semen yang dominan di Indonesia.

b. *Strategic value* yang kedua adalah akan mengkatalisasi peningkatan strategi dan potensi inovasi dalam bisnis *ready mix* dan *aggregate* dengan kombinasi volume sebesar 4,3 juta m^3 sekaligus bisnis turunan semen (*cement derivatives product*) yang lainnya sejalan dengan visi perusahaan yang baru sebagai penyedia solusi bahan bangunan terbesar di kawasan regional.

c. *Value* berikutnya adalah potensi penciptaan sinergi operasional yang signifkan dengan sentralisasi proses *procurement*, *logistic* dan *maintenance*. Langkah akuisisi ini menjadikan Semen Indonesia sebagai salah satu konsumen batu bara yang terbesar selain PLN dengan tingkat konsumsi sekitar 9-10 juta ton batu bara per tahun sehingga akan meningkatkan *bargaining position* terhadap para supplier batu bara.



Gambar 1.4 Sebaran dan kapasitas fasilitas *integrated cement plant* dan sebaran lokasi *packing plant* perusahaan semen yang diakuisisi Semen Indonesia.

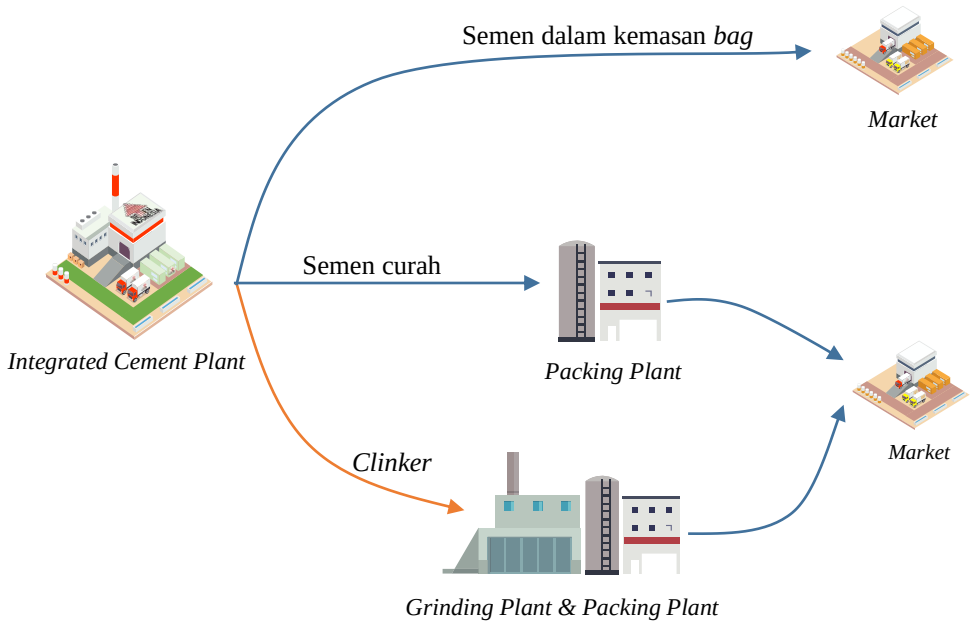
Pasca akuisisi, Semen Indonesia menjadi pemain industri semen terbesar di Asia Tenggara dengan kapasitas 51 juta ton semen/tahun dari 8 (delapan) pabrik semen terintegrasi di Indonesia dan 1 (satu) pabrik di Vietnam. Data lokasi fasilitas produksi yang dimiliki Semen Indonesia di Indonesia pasca akuisisi ditunjukkan pada Tabel 1.2 yang tersebar di seluruh wilayah di Indonesia (Gambar 1.5 halaman 7).

Tabel 1.2 Jumlah Lokasi Fasilitas di Indonesia

No.	Perusahaan	*Integrated Cement Plant*	*Grinding Plant*	*Packing Plant*
1	Semen Indonesia Sebelum akuisisi (lokasi)	4	3	25
2	Perusahaan yang diakuisisi (lokasi)	4	1	6
Total fasilitas produksi pasca akuisisi (lokasi)		8	4	31

Aliran material atau produk dalam jaringan suplai semen memiliki tiga (3) macam. Pertama adalah aliran yang berupa produk semen dalam kemasan 40 kg atau 50 kg (*cement bag*) dari lokasi *integrated cement plant* yang langsung dikirim menuju lokasi *demand*/distributor. Aliran kedua adalah berupa semen curah (*bulk)* dari lokasi *integrated cement plant* menuju lokasi *packing plant* untuk dilakukan

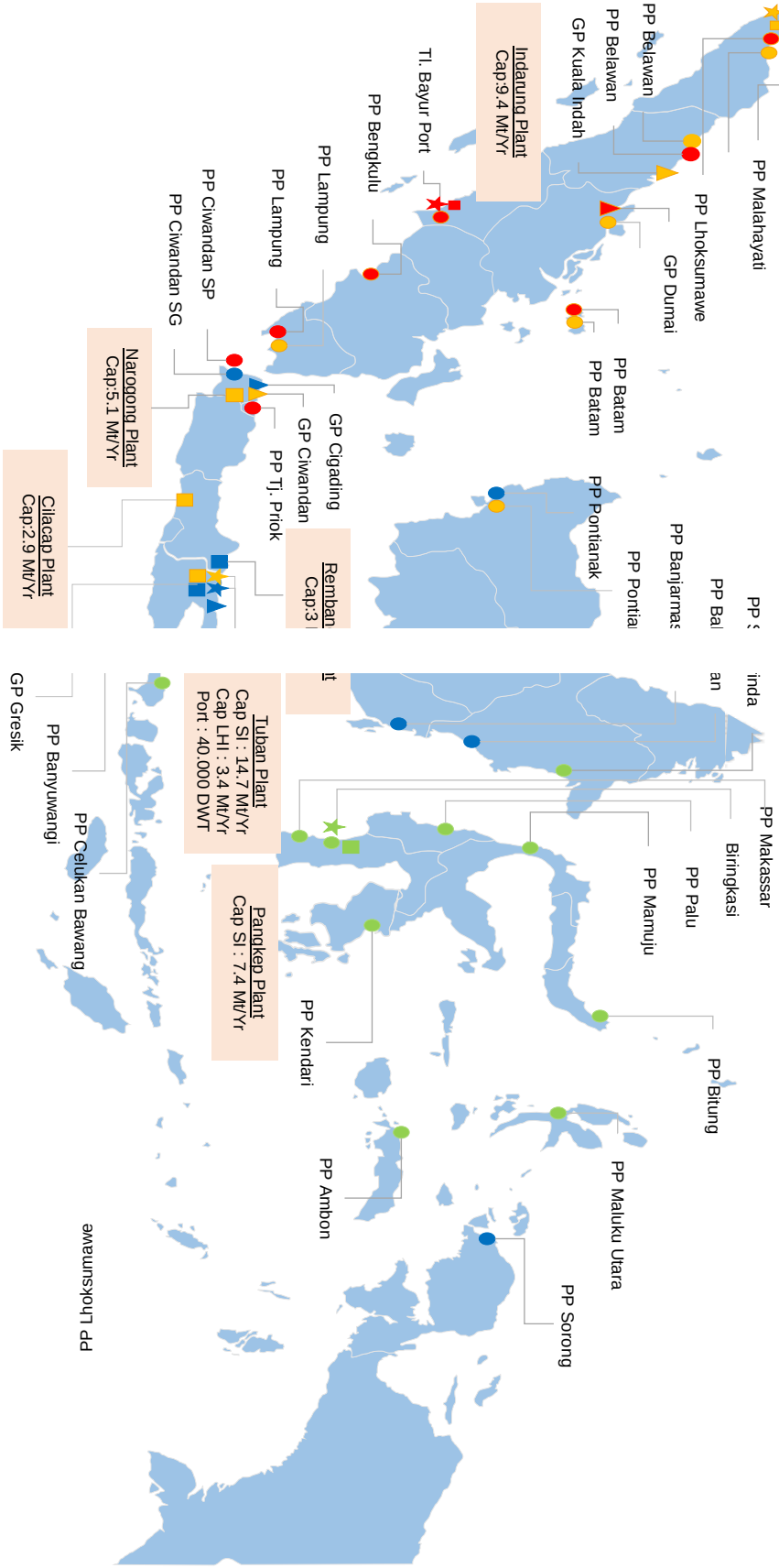
pengemasan. Aliran ketiga adalah berupa clinker dari lokasi *integrated cement plant* menuju lokasi *grinding plant* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1.6 sebagai berikut:



Gambar 1.5 Aliran material dari lokasi produksi ke lokasi pasar.

Sebelum akuisisi, suatu *demand market* terutama di tiga (3) pulau dengan *market* yang paling besar yaitu Jawa, Sumatera dan Kalimantan menjadi area kompetisi utama antara Semen Indonesia dan kompetitornya. Setelah dilakukannya akuisisi ini maka seluruh fasilitas produksi mulai *integrated cement plant*, *grinding plant*, *packing plant* dan jaringan distribusi antar fasilitas dan suplai *final product* ke *demand poin* harus dievaluasi untuk mengoptimalkan *total annualized cost* dalam memenuhi *demand* dengan mempertimbangkan biaya infrastruktur dan biaya operasional yang meliputi :

a. Biaya satuan produksi semen (*cost of good manufacturing* / COGM) di seluruh fasilitas produksi *integrated cement plant*.
b. Biaya satuan produksi semen (*cost of good manufacturing* / COGM) di seluruh fasilitas produksi *grinding plant*.
c. Biaya satuan pengemasan semen *bag* di seluruh fasilitas produksi *packing plant*.
d. Biaya transportasi dari fasilitas produksi *integrated cement plant* menuju lokasi pelanggan.



Gambar 1. 6 Sebaran dan kapasitas fasilitas produksi semen yang dimiliki Semen Indonesia pasca akuisisi.

e. Biaya transportasi dari fasilitas produksi integrated cement plant menuju lokasi grinding plant.
f. Biaya transportasi dari fasilitas produksi *integrated cement plant* menuju lokasi *packing plant.*
g. Biaya transportasi dari fasilitas produksi *grinding plant* menuju lokasi pelanggan.
h. Biaya transportasi dari fasilitas produksi *packing plant* menuju lokasi pelanggan.
i. Biaya tetap mengoperasikan dan atau menutup *grinding plant*.
j. Biaya tetap mengoperasikan dan atau menutup *packing plant*.

Hal ini sesuai dengan *strategic fit* pada produk semen yang tergolong produk fungsional sehingga seluruh aktivitas disepanjang *value chain* harus efisien untuk meningkatkan daya saing perusahaan. Persaingan perusahaan dalam industri semen tidaklah cukup hanya dengan bersaing di sisi *cogm* yang rendah saja, namun harus menerapkan strategi efisiensi di sepanjang *value chain* perusahaan.

Tsiakis dan Papageorgiou (2008) melakukan penelitian optimasi *production and distribution allocation* pada jaringan rantai pasok global (*Global Supply Chain*) dengan mempertimbangkan batasan operasional dan finansial. Batasan operasional meliputi kapasitas produksi, kapasitas warehouse, alokasi produksi sedangkan batasan finansial meliputi biaya produksi, biaya transportasi, biaya-biaya terkait lainnya dalam jaringan rantai pasok terkait dengan perbedaan nilai tukar mata uang. Pada penelitian tersebut juga diusulkan terkait potensi dilakukannya *outsource production* pada keputusan bisnis ketika *demand* melampaui kapasitas perusahaan. Studi kasus pada perusahaan global yang bergerak dalam bidang *chemical manufacturer* dengan menggunakan metode *mixed integer linear programming* (MILP) dalam mendeskripsikan permasalahan optimasinya.

Tsiakis *et.al* (2001) juga telah melakukan penelitian mengenai desain *multiproduct*, *multi-echelon* dalam jaringan rantai pasok yang terdiri atas sejumlah fasilitas produksi yang berada pada *fixed location*, sejumlah fasilitas *warehouses* dan *distribution centers* pada lokasi yang akan ditentukan dari beberapa potensi lokasi yang ada dan jumlah *demand* pada beberapa zona pelanggan pada *fixed locations*. Sistem dimodelkan secara matematis menggunakan metode *mixed*

integer linear programming (MILP) dengan tujuan untuk menentukan jumlah, lokasi dan kapasitas warehouse dan distribution center yang akan diset-up, jalur transportasi besarnya produksi dan aliran material dalam jaringan. Optimasi ini dilakukan untuk meminimalkan *total annualized cost* dengan mempertimbangkan biaya infrastruktur dan operasional.

1.2 Rumusan Masalah

Desain jaringan rantai pasok merupakan keputusan strategis yang memiliki dampak jangka panjang. Tsiakis dan Papageorgiou (2008) dan Tsiakis *et.al* (2001) melakukan penelitian mengenai *production-distribution allocation* dalam rantai pasok untuk mengoptimalkan *total cost* dalam memenuhi *demand* di berbagai area pasar yang dipasok dari beberapa lokasi fasilitas yang dimiliki dan atau alternatif lokasi yang akan dibangun. Dalam studi ini terkait dengan akusisi yang dilakukan oleh Semen Indonesia terhadap perusahaan kompetitornya, ketika suatu area *demand* yang sebelumnya menjadi area kompetisi maka pasca akuisisi seluruh fasilitas produksi dan jaringan distribusi perusahaan yang diakuisisi harus diintegrasikan ke dalam jaringan *existing* yang bertujuan untuk meminimalkan *total annualized cost*. Dengan demikian, perumusan masalah yang diusulkan dalam penelitian ini adalah bagaimana mendesain jaringan rantai pasok pada Semen Indonesia pasca akuisisi yang mencakup beberapa keputusan strategis diantaranya penentuan alokasi fasilitas produksi yang tepat dalam melayani suatu area *demand*, keputusan tetap perlu mengoperasikan atau menghentikan operasional suatu fasilitas *grinding plant* dan atau *packing plant*, penentuan jumlah *clinker* yang dikirim dari *integrated cement plant* menuju *grinding plant* serta penentuan jumlah produksi semen di masing-masing fasilitas produksi sehingga diperoleh *total annualized cost* yang paling efisien dalam memenuhi permintaan pada seluruh area pemasaran di Indonesia. Permasalahan ini perlu diselesaikan karena hal ini sesuai dengan *strategic fit* pada produk semen yang tergolong produk fungsional sehingga seluruh aktivitas di sepanjang *value chain* harus efisien untuk meningkatkan daya saing perusahaan (Fisher, 1997). Permasalahan akan dimodelkan secara matematis dan penyelesaian solusi optimalnya menggunakan metode *mixed integer linear programming* (MILP).

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan permasalahan yang telah dipaparkan di atas, maka tujuan penelitian ini dilaksanakan adalah untuk:

1. Membuat model jaringan rantai pasok yang optimal untuk permasalahan yang ada di Semen Indonesia pasca akuisisi. Model tersebut dibuat dengan tujuan untuk meminimalkan *total annualized cost* dengan mempertimbangkan biaya infrastruktur dan operasional dalam rangka memenuhi permintaan di seluruh area pemasaran di Indonesia.
2. Menentukan keputusan mengenai jumlah dan lokasi fasilitas *grinding plant* dan atau *packing plant* yang tetap akan dioperasikan dan atau direkomendasikan untuk ditutup. Hal ini penting dilakukan mengingat Semen Indonesia dan perusahaan semen yang diakuisisi sebelumnya adalah saling bersaing sehingga mereka mengoperasikan fasilitas produksi yang lokasinya berdekatan dalam mensuplai *demand area* yang sama.
3. Menentukan alokasi produk pasca akuisisi yang meliputi keputusan volume produksi *clinker*, semen curah dan semen dalam kemasan *bag* pada masing-masing fasilitas yang dioperasikan, alokasi dari fasilitas *integrated cement plant* ke *grinding plant* dan atau *packing plant*, alokasi dari fasilitas *integrated cement plant* ke pelanggan, alokasi dari fasilitas *grinding plant* dan atau *packing plant* ke pelanggan.
4. Meningkatkan *profit margin* dari hasil efisiensi biaya sehingga dapat meningkatkan daya saing Semen Indonesia dalam persaingan di industri persemenan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah perusahaan akan mendapatkan rekomendasi mengenai jaringan *rantai pasok* terintegrasi yang optimal pasca akuisisi dari seluruh fasilitas produksi yang dimiliki dengan tujuan untuk meminimalkan *total annualized cost* dalam memenuhi *demand* di area pemasaran seluruh Indonesia dalam rangka meningkatkan daya saing perusahaan.

1.5 Batasan dan Asumsi

Penelitian yang dilakukan memiliki beberapa batasan dan asumsi. Batasan dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Pemodelan permasalahan dan analisis dilakukan hanya pada fasilitas produksi dan sistem distribusi di Indonesia (tidak termasuk fasilitas produksi yang dimilki di luar negeri) dan pemenuhan terhadap permintaan domestik.
2. Fasilitas produksi yang dimasukkan dalam pemodelan dan analisis adalah hanya fasilitas produksi yang memproduksi semen berkategori umum dan tidak termasuk produk semen khusus atau turunan semen lainnya.
3. Aggregat produk yang dianalisis pada level semen dengan pemenuhan *demand market* pada level provinsi di Indonesia.
4. Keputusan untuk tetap mengoperasikan atau menutup fasilitas produksi adalah hanya pada fasilitas *grinding plant* dan atau *packing plant*. Semua fasilitas *integrated cement plant* tetap dioperasikan dengan batasan minimum produksi tertentu dalam setahun.

Sedangkan asumsi yang dipakai dalam penelitian adalah:

1. *Demand* pada masing-masing provinsi di Indonesia bersifat deterministik yang datanya diperoleh dari Departemen Penjualan untuk tahun 2020.
2. *Zero stock inventory level* dalam setahun pada fasilitas produksi *packing plant* maupun *grinding plant*. Hal ini nantinya akan digunakan dalam salah satu batasan dalam penyusunan formulasi model matematika sistem rantai pasok semen.
3. Distributor yang sudah menjadi rekanan pada masing-masing perusahaan baik yang mengakuisisi dan yang diakusisi memiliki kesetaraan posisi yang mana penunjukan distributor adalah melalui proses pengadaan sesuai mekanisme atau prosedur yang berlaku.
4. Kebijakan perusahaan terhadap aset-aset fasilitas produksi yang harus ditutup sesuai hasil rekomendasi optimasi jaringan dalam penelitian ini tidak menjadi bahasan seperti apakah ditutup atau dihentikan sementara menunggu adanya peningkatan *demand* pada tahun-tahun yang akan datang, dilakukan penjualan aset atau alternatif lainnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini dibagi dalam lima bab dimana setiap bab dibagi lagi menjadi sub-sub bab yang berisi uraian yang mendukung isi secara sistematis dari setiap bab secara keseluruhan. Berikut sistematika penulisan laporan penelitian yang digunakan.

Bab 1 Pendahuluan

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian ini, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan asumsi penelitian dan sistematika penulisan laporan penelitian tesis atau *case based report*.

Bab 2 Kajian Pustaka

Pada bab ini dipaparkan teori-teori yang relevan dengan penelitian. Uraian kajian pustaka berisikan teori-teori yang dijadikan sebagai acuan dalam mengembangkan model matematis dan dasar analisis. Referensi kajian pustaka berasal dari penelitian-penelitian terdahulu yang akan dijadikan acuan penelitian ini yang sumbernya dari jurnal-jurnal internasional. Refensi juga berasal dari buku dan artikel terkait lainnya.

Bab 3 Metodologi Penelitian

Pada bab ini diuraikan mengenai metode penelitian yang terdiri dari identifikasi parameter-parameter terkait penelitian, pemetaan konfigurasi rantai pasok pada industri semen, pemodelan sistem jaringan yang di dalamnya berisi identifikasi variabel dan parameter, definisi fungsi tujuan (*objective function*), fungsi-fungsi pembatas terkait sesuai dengan batasan dan asumsi penelitian, serta penjelasan bagaimana melakukan verifikasi model dan analisis hasil.

Bab 4 Pengumpulan Data dan Implementasi Desain

Pada bab ini dijelaskan tentang parameter-parameter yang akan digunakan dalam penelitian, finalisasi model jaringan rantai pasok pasca akuisisi, implementasi model, *running* model dan proses verifikasi hasil *running* model.

Bab 5 Analisis Hasil dan Diskusi

Pada bab ini dijelaskan tentang deskripsi obyek penelitian, data-data yang diperoleh dalam penelitian, analisis dan hasil perhitungan yang dilakukan Pada akhir bab ini ini dilakukan pembahasan terhadap hasil analisis.

Bab 6 Kesimpulan Dan Saran

Bab ini adalah yang terakhir dalam penelitian ini berisi mengenai kesimpulan dan saran. Kesimpulan mengenai hasil dari keseluruhan penelitian yang dilakukan yang menjawab tujuan dari penelitian ini sedangkan saran berisi mengenai masukan/perbaikan yang akan dilakukan peneliti lain untuk mengembangkan model pada peneltian ini.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2
KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dipaparkan konsep dan teori yang menjadi referensi pada jaringan *supply chain production-distribution allocation*. Sub bab pertama mengenai manajemen rantai pasok dan strategi rantai pasok untuk memastikan strategi yang diambil sesuai dengan karakter produk apakah produk fungsional atau inovatif karena kedua kategori produk tersebut membutuhkan strategi yang berbeda. Sub bab kedua tentang desain jaringan rantai pasok terkait keputusan strategis mengenai lokasi, jumlah, kapasitas fasilitas produksi dan distribusi. Desain jaringan merupakan keputusan strategis karena memiliki dampak jangka panjang terhadap *performance* rantai pasok. Kemungkinan perubahan terhadap konfigurasi jaringan hanya terjadi dalam interval waktu yang relatif panjang namun proses operasional dalam jaringan tersebut akan berlangsung secara terus menerus (Pujawan dan Mahendrawati, 2017). Aksi korporasi yang berupa akuisi merupakan salah satu contoh nyata dalam permasalahan terkait dengan perlunya evaluasi jaringan rantai pasok. Selanjutnya akan dipaparkan mengenai *multiproduct flow* dan *production/distribution problem* berserta penelitian yang dilakukan oleh Tsiakis dan Papageorgiou (2008) dan Tsiakis *et.al* (2001). Dua penelitian tersebut merepresentasikan suatu jaringan *multi-echelon* yang mirip dengan kasus dalam penelitian ini.

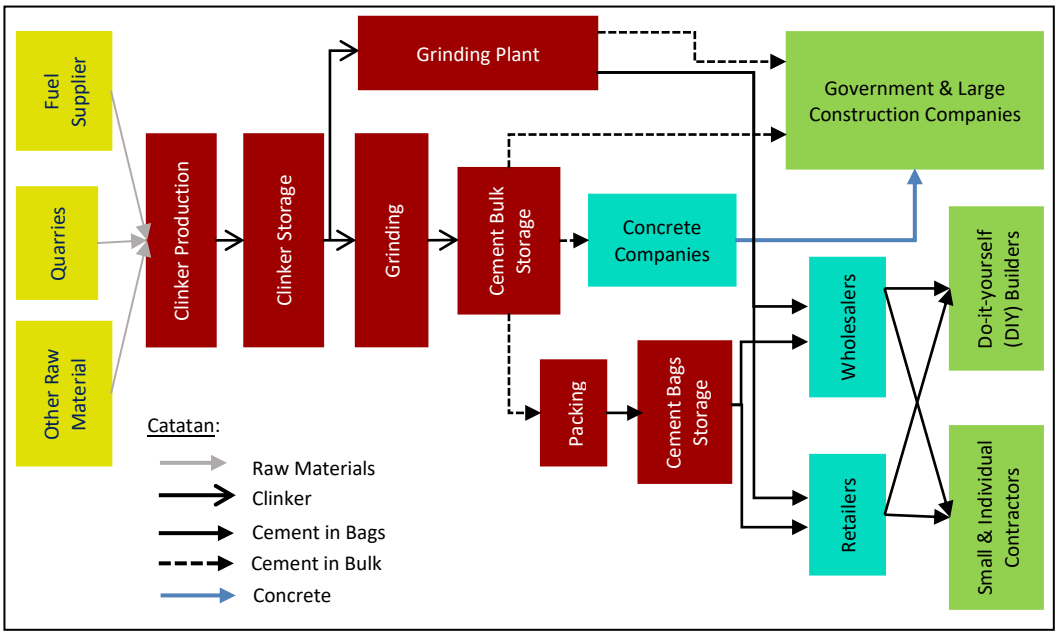
2.1 *Supply Chain Management and Strategic Fit*

Suatu produk untuk bisa sampai ke tangan konsumen sebenarnya telah melalui proses yang melibatkan beberapa perusahaan yang jumlahnya bisa mencapai puluhan hingga ratusan perusahaan yang terlibat. Sebagai contoh adalah rumah hunian yang ditawarkan oleh pihak marketing dari suatu perusahaan pengembang properti. Rumah tersebut dibangun oleh kontraktor dari berbagai material bahan bangunan seperti pasir, bata, semen, baja tulangan, pintu, jendela, genteng, keramik, cat, pagar hingga material-material instalasi air dan listrik. Material – material bangunan tersebut juga sebelumnya adalah merupakan produk

yang melibatkan berbagai perusahaan yang terlibat. Sebagai contoh adalah semen. Perusahaan industri semen dalam operasionalnya untuk menghasilkan semen juga melibatkan berbagai pihak atau pemasok mulai dari pemasok bahan baku seperti tanah liat, pasir silika, pasir besi, gipsum, *trass*, kemudian pemasok mesin-mesin industri, pemasok *spare part*, pemasok kebutuhan pelumasan mesin, pemasok batu bara untuk bahan bakar utama, PLN untuk *supply* listrik, pemasok bahan bakar minyak industri, pemasok kebutuhan *water treatment*, pemasok kemasan semen (*bag*), perusahaan informasi dan teknologi (IT) dan sebagainya. Perusahaan semen juga melibatkan pihak distribusi dan transportasi dalam mendistribusikan produk semen ke berbagai wilayah pemasaran melalui jalan darat dan laut untuk dikirim ke luar pulau ke seluruh wilayah pemasaran. Perusahaan semen juga melibatkan perusahaan *trading* untuk kebutuhan ekspor. Perusahaan semen juga melibatkan pihak perbankan dalam mengelola kebutuhan finansial serta melibatkan pihak industri kreatif dalam mengelola periklanan dan program pemasaran. Begitu banyak pihak yang terlibat untuk satu produk saja yaitu semen yang salah satu konsumennya adalah kontraktor dan atau pengembang properti di atas dalam usahanya membangun rumah hunian. Keseluruhan pihak-pihak di atas yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam membuat produk semen untuk memenuhi kebutuhan konsumen ini membentuk jaringan rantai pasok semen (Gambar 2.1).

Jaringan rantai pasok merupakan himpunan para pihak atau organisasi yang saling terlibat dan berkolaborasi dalam penciptaan nilai tambah (*added value*) suatu produk dalam rangka memenuhi kebutuhan konsumen. Jaringan ini dimulai dari para pemasok bahan baku dan material lainnya, perusahaan yang mengolah bahan mentah menjadi produk jadi, perusahaan distribusi dan transportasi, jaringan toko hingga produk tersebut sampai ke tangan konsumen. Pada masing-masing internal perusahaan tersebut, jaringan rantai pasok meliputi seluruh fungsi-fungsi organisasi dan unit kerja dalam internal perusahaan yang saling terlibat dalam kegiatan mulai dari menerima permintaan dari pelanggan sampai dengan memenuhi permintaan pelanggan tersebut. Fungsi-fungsi dalam organisasi ini meliputi unit pengembangan produk, pemasaran, operasi produksi, distribusi, keuangan, pelayanan pelanggan dan seluruh fungsi lain yang terlibat dalam melayani

permintaan pelanggan (Chopra and Meindl, 2016). Prinsip aktivitas dalam rantai pasok adalah aktivitas menerima *input* dari perusahaan pemasok kemudian melakukan kegiatan yang memberikan nilai tambah (*value added*) kemudian mengirimkannya kepada pelanggan (Levi *et.al*, 2004). Menurut Pujawan dan Mahendrawathi (2017), rantai pasok didefinisikan sebagai suatu jaringan beberapa perusahaan yang secara bersama-sama bekerja untuk menciptakan suatu produk dan mengantarkannya hingga sampai ke tangan pemakai akhir. Perusahaan-perusahaan tersebut biasanya terdiri atas para pemasok, pabrik, distributor, toko/retail, dan perusahaan-perusahaan pendukung seperti perusahaan jasa logistik.



Gambar 2.1 Aliran produk dalam rantai pasok semen.

Di dalam jaringan rantai pasok tersebut terdapat 3 (tiga) macam aliran yang harus dikelola dengan baik yaitu aliran barang, aliran uang dan aliran informasi. Aliran barang mengalir dari hulu *(upstream)* ke hilir *(downstream)*, yang secara umum mulai dari barang-barang yang dikirim oleh para pemasok yang kemudian akan diolah, dirakit dan dikemas oleh perusahaan manufaktur menjadi barang jadi yang selanjutnya akan didistribusikan dan dikirim ke konsumen akhir. Aliran yang kedua adalah berupa aliran uang dan sejenisnya dari hilir ke hulu. Aliran ketiga berupa aliran informasi yang bisa terjadi dari hulu ke hilir ataupun

sebaliknya. Aliran informasi ini memiliki peran yang sangat vital terhadap kinerja rantai pasok karena aliran informasi inilah yang menggerakkan adanya aliran barang dan aliran uang dalam rantai pasok. Kinerja unggul dalam jaringan rantai pasok dapat dicapai dengan cara mengelola aliran informasi dengan transparan dan akurat.

Untuk memaksimalkan nilai keseluruhan dari para perusahaan dalam jaringan rantai pasok, maka setiap entitas yang terlibat harus secara bersama-sama berkolaborasi dalam semangat yang sama yaitu memenuhi kebutuhan sesuai permintaan konsumen. Tujuan dari rantai pasok adalah untuk memaksimalkan nilai (*value*) yang dihasilkan dalam rantai pasok. Chopra dan Meindl (2016) memberikan istilah nilai (*value*) ini sebagai *supply chain surplus* yaitu perbedaan antara nilai produk akhir yang dirasakan oleh pelangan (*customer value*) dengan total biaya yang terjadi disepanjang rantai pasok dalam memenuhi permintaan pelanggan (*supply chain cost*). Strategi rantai pasok harus berjalan secara sinergi antar semua entitas sehingga tujuan bisa tercapai dengan baik. Manajemen rantai pasok adalah suatu pendekatan yang digunakan untuk mengintegrasikan para pemasok, perusahaan atau industri, gudang dan jaringan toko secara efisien sehingga produk dapat diproduksi dan didistribusikan dalam jumlah yang tepat, ke lokasi yang tepat dan pada waktu yang tepat untuk meminimumkan biaya dengan tetap memberikan kepuasan terhadap konsumen (Simchi-Levi *et.al*, (2008).

Menurut Chopra dan Meindl (2016), keberhasilan dalam manajemen rantai pasok dipengaruhi oleh beberapa keputusan terkait dengan aliran informasi, aliran material dan aliran uang di dalam rantai pasok. Setiap pengambilan keputusan harus mempertimbangkan adanya peningkatan *supply chain surplus*. Pengambilan keputusan ini berada dalam 3 (tiga) fase atau kategori yang tergantung pada frekuensi masing-masing keputusan dan waktu dimana fase keputusan ini memberikan dampak. Tiga fase atau kategori tersebut yaitu membuat desain jaringan rantai pasok, perencanaan rantai pasok dan pengendalian operasi dalam rantai pasok. Dari ketiga tahapan tersebut desain jaringan rantai pasok merupakan keputusan yang sangat penting karena keputusan ini merupakan keputusan strategis jangka panjang dan memerlukan biaya yang cukup besar untuk melakukan perubahan di dalamnya. Hal-hal yang terkait dalam tahap ini antara lain adalah

keputuan penentuan lokasi pabrik, lokasi gudang, lokasi pusat distribusi dan pemilihan pemasok. Karena desain jaringan rantai pasok merupakan sesuatu yang strategis maka perubahan terhadap konfigurasi jaringan hanya dilakukan dalam interval waktu yang relatif panjang namun proses operasional dalam jaringan tersebut akan berlangsung secara terus menerus. Implementasi strategi rantai pasok akan berlangsung secara efektif apabila rantai pasok memiliki jaringan dengan konfigurasi yang sesuai. Konfigurasi jaringan bisa menentukan apakah suatu rantai pasok bisa menjadi responsif atau efisien (Pujawan dan Mahendrawathi, 2017).

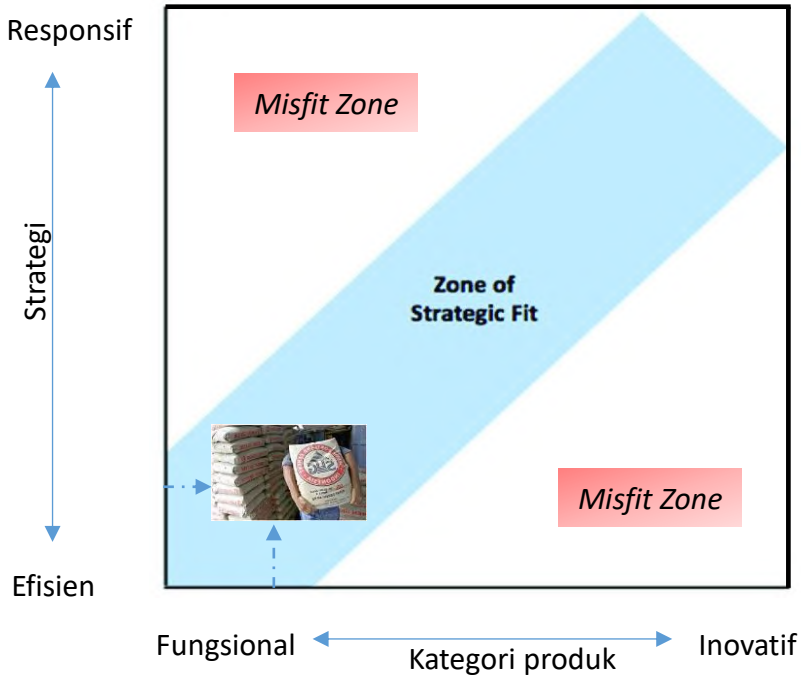
Fisher (1997) dalam artikelnya yang berjudul "*What is the right supply chain for your product*?" menyarankan bahwa langkah pertama dalam mengembangkan strategi rantai pasok adalah mempertimbangkan terlebih dahulu sifat permintaan dari produk yang menjadi bisnis organisasi. Pada artikel tersebut disampaikan bahwa klasifikasi kategori produk berdasarkan pola permintaan (*demand patterns*) dibagi menjadi 2 (dua) kategori yaitu produk fungsional (*primarily functional*) atau produk inovatif (*primarily innovative*). 2 (dua) kategori produk ini nantinya perlu didekati dengan dua strategi yang berbeda pula. Hal ini penting karena beberapa akar permasalahan yang ada dalam jaringan rantai pasok adalah ketidakcocokan antara kategori produk dan strategi yang dijalankan dalam rantai pasoknya.

Produk fungsional adalah kategori produk-produk yang dapat memenuhi kebutuhan dasar yang cenderung stabil dan tidak banyak mengalami perubahan sepanjang waktu, lebih mudah untuk diprediksi tingkat permintaannya dan memiliki siklus hidup yang panjang. Produk-produk umum seperti buku tulis, air minum dalam kemasan, beras, dan semen adalah contoh beberapa produk fungsional dimana ketika konsumen ingin membeli produk-produk tersebut ketika tidak menjumpai *brand* tertentu maka sangat mudah menentukan keputusan untuk membeli produk serupa dari *brand* yang lain pada toko yang sama karena konsumen dalam hal ini membutuhkan nilai fungsi dasar yang dapat dipenuhi oleh produk yang diinginkan. Produk fungsional cenderung memiliki tingkat *proft margin* yang rendah karena karakter kestabilan siklus hidupnya ini mengundang kompetisi. Untuk menaikkan tingkat *profit margin* tersebut, beberapa perusahaan melakukan inovasi dalam hal penampilan dan sentuhan teknologi untuk menambahkan fitur-

fitur tambahan yang diharapkan dapat menambah alasan agar pelanggan dapat membeli produknya. Produk inovatif adalah kategori produk yang telah ditambahkan fitur-fitur spesifik dari fungsi dasarnya yang disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan pada segmen market tertentu. Dengan demikian produk inovatif akan memiliki variasi produk yang cukup banyak sebagai akibat kombinasi antara preferensi fitur (*technology*) dan fasat (*fashion*) produk yang ditawarkan. Meskipun tingkat profit margin produk inovatif lebih tinggi dari produk fungsional, munculnya variasi produk baru yang lebih *update* akan membuat kesulitan untuk memprediksi tingkat permintaan pada produk inovatif. Kemudian siklus hidup produk inovatif juga lebih pendek bahkan ada yang hanya beberapa bulan saja karena muculnya produk pesaing sehingga hal ini akan membuat perusahaan untuk terus melakukan pengembangan dan inovasi yang baru. Siklus hidup yang relatif pendek dan jumlah variasi produk yang banyak membuat produk inovatif semakin sulit untuk diprediksi.

Dua kategori produk yang berbeda akan menentukan langkah strategi rantai pasok yang berbeda pula. Untuk produk fungsional, strategi yang tepat dilakukan dalam manajemen rantai pasok adalah strategi efisiensi yang berfokus pada upaya-upaya untuk meminimalkan biaya-biaya pada aktivitas fisik yang terjadi di sepanjang rantai pasok sehingga bisa diperoleh harga produk akhir yang lebih kompetitif. Produk semen secara umum adalah salah satu produk fungsional sehingga strategi efisiensi adalah tepat untuk dijalankan disepanjang rantai pasok semen (Gambar 2.2). Program potongan harga atau *markdown* juga tidak umum dilakukan pada produk fungsional karena masa jual produk yang lama. Untuk produk kategori inovatif maka strategi yang tepat adalah responsif yang dimulai dengan cepat dalam menangkap kebutuhan pelanggan dengan fitur-fitur spesifik pada segmen market tertentu, pengembangan produk hingga kecepatan dalam menyediakan produk tersebut di pasar. Kegiatan iklan tetap dibutuhkan untuk produk fungsional namun tidak akan efektif kalau terlalu masif karena pasti akan menjadi beban tambahan dan membuat harga produk akhir menjadi kurang kompetitif. Iklan produk semen dalam media promosi televisi sangat jarang terlihat. Namun untuk produk inovatif, eksposur atas fitur-fitur terbaru pada produk yang ditawarkan ke *market* harus aktif dilakukan dalam rangka edukasi manfaat

teknologi dalam produk yang ditawarkan. Tantangan pada produk inovatif adalah mengenai jumlah produk yang akan diproduksi sehingga jangan sampai kekurangan pada musim jual yang akan membuat konsumen bisa kecewa atau juga jangan sampai kelebihan karena tidak akan terserap pasar yang biasanya akan berakhir dengan program *markdown* atau diskon. Sehingga pada produk inovatif, kemampuan dalam teknik peramalan adalah sangat penting.



Gambar 2.2 *Strategic fit* pada produk semen.

2.2 Desain Jaringan Dalam Rantai Pasok

Desain jaringan akan menentukan konfigurasi fisik dan infrastruktur dari rantai pasok. Desain jaringan rantai pasok merupakan suatu keputusan strategis yang memiliki efek jangka panjang pada perusahaan. Hal ini melibatkan keputusan yang berkaitan dengan lokasi pasokan, fasilitas produksi atau pabrik, gudang dan pusat distribusi. Tujuan dari desain jaringan adalah untuk meminimumkan biaya total tahunan jaringan rantai pasok yang didalamnya termasuk biaya pengadaan dan produksi, biaya penyimpanan persediaan, biaya fasilitas (yang meliputi biaya tetap, biaya penyimpanan dan biaya penanganan) dan biaya transportasi dengan batasan berbagai macam persyaratan tingkat pelayanan (*service level requirement*) (Simchi-

Levi *et.al*., 2008). Konfigurasi jaringan rantai pasok secara umum akan berlangsung dalam jangka waktu yang lama. Namun demikian konfigurasi jaringan ini perlu untuk dievaluasi kembali ketika ada perubahan pola permintaan, variasi produk, proses produksi, strategi pengadaan atau terkait biaya operasional fasilitas. Faktor lain yang benar-benar harus dilakukan evaluasi dan desain ulang konfigurasi jaringan rantai pasok adalah ketika perusahaan melakukan langkah bisnis berupa merger dan akuisisi yang mengharuskan untuk mengintegrasikan jaringan logistik yang berbeda.

Terdapat *tradeoff* dalam mendesain jaringan misalnya mendirikan pusat distribusi yang banyak dapat mengurangi biaya transportasi dan dapat menyediakan layanan pelanggan yang tinggi dalam hal waktu respon yang cepat namun hal ini dapat meningkatkan total biaya fasilitas dan biaya penyimpanan. Sebaliknya apabila tidak membangun pusat distribusi atau persediaan dipusatkan pada pabrik, maka dapat meminimumkan biaya fasilitas dan penyimpanan akan tetapi layanan pelanggan akan lebih rendah karena waktu respon lebih lama. Oleh karena itu perusahaan harus dapat menyeimbangkan keuntungan antara pelayanan pelanggan yang tinggi dan biaya untuk membangun pusat distribusi baru.

Permasalahan desain jaringan rantai pasok yang dihadapi perusahaan yang satu dengan lainnya sangat beragam. Pada perusahaan yang sedang berkembang misalnya ketika akan melakukan langkah strategis dengan rencana membuka cabang toko baru, maka keputusannya adalah mengenai lokasi toko tersebut berada, berapakah jumlah toko yang akan dibuka, berapakah kapasitas toko sampai dengan jangkauan wilayah yang akan dilayani dari toko-toko tersebut. Hal ini tentunya akan berbeda permasalahannya yang dihadapi oleh perusahaan yang lain misalnya suatu perusahaan yang telah melakukan langkah strategis berupa *merger* atau akuisisi perusahaan pesaing yang dihadapkan pada keputusan mengenai alokasi produksi distribusi. Permasalahan yang dihadapi bisa berupa keputusan untuk tetap mengoperasikan atau menutup dari beberapa lokasi fasilitas total pasca akuisisi yang berupa fasilitas produksi, warehouse atau pusat distribusi yang ada pada suatu area pasar yang menjadi kompetisi selama ini. Permasalahan yang lain juga bisa berupa keputusan untuk mensuplai suatu area pasar dari fasilitas yang mana dengan pertimbangan total biaya rantai pasok yang paling efisien. Georgiadis *et. al*, (2011)

menyampaikan bahwa permasalahan dalam mendesain jaringan rantai pasok sangat luas dan masing-masing perusahaan memiliki permasalahan tersendiri yang berbeda-beda. Secara umum, permasalahan dalam mendesain jaringan rantai pasok mengacu pada keputusan strategis yang terkait dengan satu atau lebih dari keputusan sebagai berikut:

a. Di lokasi manakah fasilitas yang baru harus diletakkan misalnya lokasi produksi, lokasi penyimpanan, fasilitas logistik dan sebagainya.
b. Perubahan-perubahan yang signifikan dari fasilitas-fasilitas yang ada misalnya ketika melakukan ekspansi, mengurangi fasilitas yang beroperasi hingga keputusan untuk menutup fasilitas.
c. Keputusan pengadaan terkait pemasok dan pasokan dasar yang digunakan pada setiap fasilitas.
d. Keputusan alokasi tentang produk apa yang harus diproduksi pada setiap fasilitas produksi dan pasar yang mana harus dilayani oleh suatu gudang atau pusat distribusi.

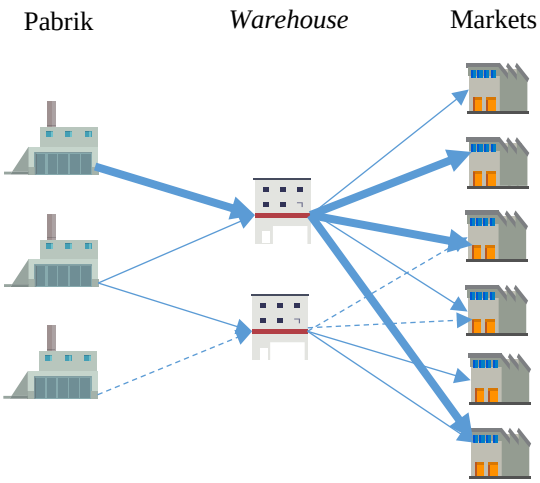
Beberapa permasalahan strategis utama di bawah ini juga dapat diuraikan ketika mendesain jaringan rantai pasok secara umum (Klibi *et. al*, 2010) yaitu pasar yang akan dituju, lama waktu pengiriman di setiap produk ke lokasi pasar dan pada harga berapa, jumlah fasilitas produksi dan pusat distribusi yang akan dioperasikan beserta lokasinya berada di mana, proses apa saja yang bisa diserahkan ke pihak luar atau pihak ketiga, rekanan atau pihak ketiga yang akan dipilih, teknologi apa yang akan digunakan untuk produksi, penyimpanan dan penanganan produk dan berapa kapasitas dari masing-masing fasilitas tersebut, produk yang harus diproduksi atau disimpan pada masing-masing lokasi, pabrik atau pusat distribusi atau zona permintaan mana yang harus di pasok oleh masing-masing pemasok atau pabrik atau pusat distribusi, alat transportasi apa yang harus digunakan apakah armada internal, angkutan umum, 3PL dan lain-lain.

2.3 *Multiproduct Flows* dan *Production/Distribution System*

Beberapa perusahaan manufaktur biasanya memiliki sejumlah fasilitas produksi dan beberapa macam jenis produk. Produk-produk ini bisa dikirim secara langsung dari fasilitas produksi menuju pasar atau dikirim ke *warehouse* dulu baru

kemudian dari *warehouse* dikirim menuju pasar (atau pelanggan). Kondisi seperti ini menimbulkan persoalan terkait dengan keputusan berapakah jumlah *warehouse* yang dibutuhkan, dimanakah lokasi *warehouse* yang tepat, bagaimanakah skema aliran produk tersebut dalam jaringan rantai pasok atau dengan kata lain produk apa yang harus diproduksi dan di lokasi produksi yang mana untuk memenuhi pasar yang mana (Daskin, 2013).

Untuk memudahkan persoalan tersebut di atas diilustrasikan jaringan rantai pasok sebagai mana ditunjukkan pada Gambar 2.2. Jaringan *multi-echelon production/distribution system* yang terdiri atas 3 (tiga) fasilitas produksi yang memproduksi 3 (tiga) jenis produk (diilustrasikan dengan perbedaan garis panah pada Gambar 2.2) yang kemudian akan dikirim ke lokasi *warehouse* terlebih dahulu baru kemudian dikirim menuju pelanggan.



Gambar 2.3 Skema *production/distribution system* (Daskin, 2013).

Pemodelan sistem dilakukan secara matematis dengan asumsi bahwa kapasitas *warehouse* adalah *uncapacitated*. Untuk memformulasikan permasalahan digunakan notasi sebagai berikut (Daskin, 2013):

1. *Inputs*:

   I Himpunan area pasar.

   J Himpunan lokasi kandidat.

   K Himpunan jenis produk

Q Himpunan fasilitas produksi.

h_i^k Permintaan produk $k \epsilon K$ pada pasar $i \epsilon I$

f_j Biaya tetap kandidat *warehouse* pada lokasi $j \epsilon J$.

c_{ijq}^k Biaya satuan produksi produk $k \epsilon K$ pada fasilitas produksi $q \epsilon Q$ dan biaya transportasi menuju pasar $i \epsilon I$ melewati kandidat warehouse pada lokasi $j \epsilon J$.

S_q^k Kapasitas fasilitas produksi $q \epsilon Q$ untuk memproduksi produk $k \epsilon K$. Sebagai catatan bahwa kapasitas produksi masing-masing plant sesuai jenis produk adalah bersifat *independent*.

M Suatu angka yang sangat besar nilainya.

2. Variabel keputusan:

Y_{ijq}^k Aliran produk $k \epsilon K$ dari fasilitas produksi $q \epsilon Q$ menuju pasar $i \epsilon I$ melewati *warehouse* $j \epsilon J$.

X_j Bernilai 1 jika lokasi *warehouse* dipilih pada lokasi $j \epsilon J$ .dan bernilai 0 jika sebaliknya.

Selanjutnya fungsi tujuan pada permasalahan *production/distribution* tersebut di atas adalah sebagai berikut:

$$\text{Min} \quad \sum_{j\epsilon J} f_j X_j + \sum_{i\epsilon I} \sum_{j\epsilon J} \sum_{k\epsilon K} \sum_{q\epsilon Q} c_{ijq}^k Y_{ijq}^k \tag{2.1}$$

Dengan batasan-batasan sebagai berikut:

$$\sum_{i\epsilon I} \sum_{q\epsilon Q} \sum_{k\epsilon K} Y_{ijq}^k \leq M X_j, \quad \forall\, j\epsilon J. \tag{2.2}$$

$$\sum_{j\epsilon J} \sum_{q\epsilon Q} Y_{ijq}^k \geq h_i^k, \quad \forall i\epsilon I\ ;\ k\epsilon K. \tag{2.3}$$

$$\sum_{i\epsilon I} \sum_{j\epsilon J} Y_{ijq}^k \leq S_{qi}^k, \quad \forall q\epsilon Q\ ;\ k\epsilon K. \tag{2.4}$$

$$Y_{ijq}^k \geq 0, \quad \forall i\epsilon I\ ; j\epsilon J; k\epsilon K; q\epsilon Q \tag{2.5}$$

$$X_j \epsilon \{0,1\} \quad \forall j\epsilon J \tag{2.6}$$

Fungsi tujuan (2.1) tersebut adalah untuk meminimasi total biaya tetap pada fasilitas dan biaya-biaya variabel. Batasan (2.2) mempunyai arti bahwa aliran yang melalui warehouse hanya bernilai positif jika kita memustuskan lokasi kandidat $j\epsilon J$. Batasan (2.3) mempunyai arti bahwa total produk $k\epsilon K$ yang dikirim menuju pasar $i\epsilon I$ dari seluruh fasilitas produksi dan seluruh *warehouse* harus lebih

besar sama dengan jumlah permintaan produk $k \epsilon K$ pada pasar $i \epsilon I$. Batasan (2.4) adalah batasan terkait dengan kapasitas fasilitas produksi. Batasan (2.5) dan (2.6) adalah batasan *non-negativity* dan *integrality*.

2.4 *Penelitian Dalam Permasalahan Jaringan Rantai Pasok Multi-Echelon*

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai penelitian-penelitian yang telah dilakukan mengenai jaringan rantai pasok *multi-echelon* yang sesuai dengan topik penelitian yang akan dilakukan dalam studi kasus Semen Indonesia pasca akuisi yang dilakukan terhadap perusahaan kompetitor. Penelitian yang telah dilakukan ini dipilih sebagai salah satu referensi dikarenakan konfigurasi jaringan rantai pasok yang dibahas memiliki representasi yang mirip dengan penelitian yang akan dilakukan yaitu terdiri atas sejumlah fasilitas produksi pada lokasi yang *fixed*, fasilitas *warehouse* dan atau pusat distribusi dan area pelanggan pada lokasi yang *fixed*. Tujuannya adalah untuk mendesain jaringan rantai pasok *multi-echelon* yang optimal. Permasalahan jaringan tersebut direpresentasikan secara matematis dan penyelesaian solusi optimal menggunakan metode *mixed-integer linear programming* (MILP) dengan fungsi tujuan untuk meminimasi *total annualized cost* dalam jaringan *multi-echelon* dengan mempertimbangkan biaya infrastruktur dan operasional.

i. Penelitian oleh Tsiakis dan Papageorgiou (2008)

Tsiakis dan Papageorgiou (2008) melakukan penelitian mengenai optimasi alokasi produksi dan distribusi dalam jaringan rantai pasok global. Jaringan rantai pasok terdiri atas sejumlah fasilitas produksi, fasilitas pusat distribusi dan area pelanggan. Sistem dimodelkan secara matematis dalam permasalahan optimasi *mixed-integer linear programming* untuk menentukan konfigurasi jaringan produksi dan distribusi yang optimal dengan batasan-batasan oprasional dan finansial. Batasan operasional meliputi kapasitas produksi dan pusat distribusi sedangkan batasan finansial meliputi biaya produksi, biaya transportasi dan biaya-biaya terkait dengan aliran material dalam jaringan terkait dengan perbedaan mata uang. Tujuannya adalah untuk meminimalkan total biaya tahunan dalam jaringan rantai pasok global.

1. Notasi

Notasi yang akan digunakan dalam pemodelan ini adalah sebagai berikut:

1. Indeks:

I Produk.

J *Plant*

K Kemungkinan lokasi pusat distribusi.

L *Customer demand zone.*

2. Parameter-parameter:

C_{ik}^{DH} Biaya penanganan produk satuan *i* pada pusat distribusi *k.*

$C_{k}^{D,e}$ Biaya tetap operasional pusat distribusi di lokasi *k* dalam setahun.

$C_{k}^{D,s}$ Biaya tetap penutupan pusat distribusi di lokasi *k* dalam setahun.

C_{ijk}^{d} *Unit duty cost* produk *i* dari fasilitas produksi *plant j* menuju pusat distribusi *k.*

C_{ikl}^{d} *Unit duty cost* produk *i* dari pusat distribusi *k* menuju *customer l.*

$C_{j}^{P,e}$ Biaya tetap operasional fasilitas produksi pada lokasi *plant j* dalam setahun.

$C_{j}^{P,s}$ Biaya tetap penutupan fasilitas produksi pada lokasi *plant j* dalam setahun.

C_{ij}^{P} Biaya produksi satuan untuk produk *i* di fasilitas produksi *plant j*.

C_{i}^{S} Biaya produksi satuan untuk produk *i* yang dipasok oleh pihak ketiga.

C_{ijk}^{T} Biaya transportasi satuan produk *i* dari fasilitas produksi *plant j* menuju pusat distribusi *k.*

C_{ikl}^{T} Biaya transportasi satuan produk *i* dari pusat distribusi *k* menuju *customer l.*

D_{k}^{min} Kapasitas minimum pusat distribusi *k.*

D_{k}^{max} Kapasitas maximum pusat distribusi *k.*

D_{il} Jumlah *demand* produk *i* dari pusat distribusi *k* menuju *customer l.*

H_{j} Jumlah hari operasi produksi dalam setahun pada lokasi plant *j*.

M_{j} Jumlah hari pelaksanaan *maintenance* dalam setahun pada lokasi plant *j*.

N_{ij}^{c} *Number of campaigns* produk *i* pada lokasi plant *j*.

P_{ij}^{min} Kapasitas minimum fasilitas produksi *plant j* dalam memproduksi produk *i.*

P_{ij}^{max} Kapasitas maximum fasilitas produksi *plant j* dalam memproduksi produk *i*.

Q_{jk}^{min} Laju minimum aliran produk dari fasilitas produksi *plant j* menuju pusat distribusi *k*.

Q_{jk}^{max} Laju maksimum aliran produk dari fasilitas produksi *plant j* menuju pusat distribusi *k*.

Q_{kl}^{min} Laju minimum aliran produk dari pusat distribusi *k* menuju *customer zone l*.

Q_{kl}^{max} Laju maximum aliran produk dari pusat distribusi *k* menuju *customer zone l*.

T_{ij}^{min} Tingkat *availability* minimum fasilitas produksi *plant j* untuk memproduksi produk *i* dalam satuan hari per tahun.

T_{ij}^{max} Tingkat *availability* maximum fasilitas produksi *plant j* untuk memproduksi produk *i* dalam satuan hari per tahun.

r_j^d Target laju produksi harian fasilitas produksi pada lokasi plant *j*.

α_{jk} *Duty coefficient* terkait produksi pada lokasi plant *j* menuju pusat distribusi *k*.

α_{kl} *Duty coefficient* terkait pusat distribusi *k* menuju *customer l*.

β *Coefficient applied to production cost for duty purposes.*

γ *Coefficient applied to transportation cost for duty purposes.*

δ_{ik} *Coefficient relating capacity of distribution centre k to flow of product i handled.*

ζ *Utilisation parameter in days.*

τ *Change-over coefficient in days.*

3. Variabel-variable kontinyu:

D_k Kapasitas pusat distribusi *k*.

O_{ik} Jumlah produk *i* yang dipasok dari *out-sourced* menuju pusat distribusi *k*.

P_{ij} Laju produksi produk *i* pada lokasi plant *j*.

Q_{ijk} Laju aliran produk *i* dari fasilitas produksi *plant j* menuju pusat distribusi *k*.

Q_{ikl} Laju aliran produk *i* dari pusat distribusi *k* menuju *customer zone l*.

T_{ij} Jumlah rencana hari operasi produksi produk *i* pada lokasi plant *j*.

U_j Utilisasi fasilitas produksi plant *j* dalam jumlah hari produksi per tahun.

Δ^U Nilai maksimum perbedaan utilisasi antar fasilitas produksi plant *j*.

4. Variabel-variable biner:

Y_j Bernilai 1 jika fasilitas produksi plant *j* dioperasikan dan bernilai 0 jika sebaliknya.

Y_k Bernilai 1 jika pusat distribusi *k* dioperasikan dan bernilai 0 jika sebaliknya.

X_{jk} Bernilai 1 jika produk plant *j* dikirim menuju pusat distribusi *k* dan bernilai 0 jika sebaliknya.

X_{kl} Bernilai 1 jika pusat distribusi *k* melayani *customer zone l* dan bernilai 0 jika sebaliknya.

W_{ij} Bernilai 1 jika fasilitas produksi plant *j* dioperasikan dan bernilai 0 jika sebaliknya.

2. Formula matematis dari permasalahan deterministik

Usulan model matematis dalam permasalahan ini adalah model permasalahan *mixed-integer liniead programming* (MILP) yang dideskripsikan sebagai berikut:

1. Batasan-batasan

a. Batasan struktur jaringan

Hubungan antara fasilitas produksi plant *j* dan pusat distribusi *k* dinyatakan ada hanya jika fasilitas produksi *plant j* didirikan, dengan representasi sebagai berikut:

$$X_{jk} \leq Y_j, \quad \forall j,k. \tag{2.7}$$

Jika pusat distribusi *k* didirikan maka bisa dipasok lebih dari satu fasilitas produksi *plant j*:

$$\sum_j X_{jk} \geq Y_k, \ \forall k. \tag{2.8}$$

Apabila dibatasi hanya bisa dilayani dari satu sumber fasilitas produksi saja maka batasannya menjadi:

$$\sum_j X_{jk} = Y_k, \ \forall k. \tag{2.8'}$$

Hubungan antara pusat distribusi *k* dan *customer zone l* dinyatakan ada hanya jika pusat distribusi *k* didirikan, dengan representasi sebagai berikut:

$$X_{kl} \leq Y_k, \quad \forall k,l. \tag{2.9}$$

Setiap *customer zone* bisa dipasok lebih dari satu pusat distribusi *k*:

$$\sum_k X_{kl} \geq 1, \ \forall l. \tag{2.10}$$

Apabila dibatasi setiap *customer zone* hanya bisa dilayani dari satu pusat distribusi *k* maka batasannya menjadi:

$$\sum_k X_{kl} = 1, \quad \forall l. \tag{2.10'}$$

b. Batasan logis aliran transportasi

Aliran material dari fasilitas produksi *plant j* menuju ke pusat distribusi *k* dapat terjadi hanya jika ada hubungan yang sesuai:

$$Q_{jk}^{min} X_{jk} \leq \sum_i Q_{ijk} \leq Q_{jk}^{max} X_{jk}, \quad \forall i,j,k. \tag{2.11}$$

Aliran material dari pusat distribusi *k* menuju *customer zone l* dapat terjadi hanya jika ada hubungan yang sesuai:

$$Q_{kl}^{min} X_{kl} \leq \sum_i Q_{ikl} \leq Q_{kl}^{max} X_{kl}, \quad \forall i,k,l. \tag{2.12}$$

Nilai batas atas Q_{jk}^{max}, Q_{kl}^{max} yang berada pada sisi kanan batasan (2.11) dan (2.12) adalah ditentukan dari nilai kontrak transportasi.

c. Keseimbangan material

Laju produksi aktual produk *i* pada *plant j* harus sama dengan total aliran produk dari *plant j* menuju semua pusat distribusi *k*:

$$P_{ij} = \sum_k Q_{ijk}, \forall i,j. \tag{2.13}$$

Diasumsikan bahwa tidak ada akumulasi persediaan atau *depletion* (misalnya dalam kondisi operasi yang *steady-state*), total laju aliran masing-masing produk yang meninggalkan pusat distribusi harus sama dengan total laju aliran yang memasuki *node* jaringan rantai pasok:

$$\sum_i Q_{ijk} + O_{ik} \leq \sum_i Q_{ikl}, \forall i,k. \tag{2.14}$$

Idealnya total aliran produk yang diterima oleh setiap *customer zone l* dari pusat distribusi harus sama dengan jumlah permintaannya. Ketika jumlahnya tidak

mampu memenuhi permintaan maka akan didatangkan dari *out-source* yang dipasok dari pusat distribusi:

$$\sum_k Q_{ikl} = D_{il}, \quad \forall i,l. \tag{2.15}$$

d. Batasan produksi

Isu penting dalam mendesain jaringan distribusi adalah kemampuan fasilitas produksi dalam memenuhi permintaan pelanggan berdasarkan *order* yang diterima dari *warehouse*. Namun fasilitas produksi ini memiliki batas kapasitas maksimum sesuai dengan desain kapasitasnya. Meskipun demikian, suatu fasilitas produksi ini juga harus dijaga untuk beroperasi di atas batas minimum operasionalnya dengan alasan tertentu misalnya kestabilan operasi atau faktor lainnya terkait efisiensi bahan bakar sehingga:

$$Y_j P_{ij}^{min} \leq P_{ij} \leq Y_j P_{ij}^{max}, \quad \forall i,j. \tag{2.16}$$

Jumlah produksi dibatasi oleh jumlah pergantian *(change-over)* dan jumlah kampanye produk serta kegiatan pemeliharaan juga diperhitungkan:

$$\sum_i T_{ij} \leq (H_j - M_j)Y_j - \tau \sum N_{ij}^c W_{ij}, \quad \forall j. \tag{2.17}$$

Jumlah hari yang tersedia untuk memproduksi produk *i* pada *plant j* dibatasi oleh tingkat ketersediaan fasilitas produksi (*availability*):

$$T_{ij}^{min} W_{ij} \leq T_{ij} \leq T_{ij}^{max} W_{ij}, \quad \forall i,j. \tag{2.18}$$

Jumlah produksi setiap produk tergantung kemampuan produksi harian dan jumlah rencana hari operasi dalam setahun:

$$P_{ij} = r_j^d T_{ij}, \quad \forall i,j. \tag{2.19}$$

Utilisasi setiap fasilitas produksi adalah jumlah hari operasi dalam setahun yang direpresentasikan:

$$U_j = \sum_i T_{ij}, \quad \forall j. \tag{2.20}$$

Dikarenakan produksi yang *multi-site* dan untuk memastikan produksi bisa terdistribusi secara merata antar lokasi maka utilisasi setiap fasilitas harus berada pada rentang perbedaan yang ditentukan dengan batasan:

$$\Delta^U \geq U_j - U_{j'}, \quad \forall j, j' \neq j,$$

$$\Delta^U \geq U_{j'} - U_j, \quad \forall j, j \neq j',$$

$$\Delta^U \leq \zeta. \tag{2.21}$$

e. Batasan kapasitas pusat distribusi

Kapasitas pusat distribusi *k* secara umum berada dalam rentang batas bawah D_k^{min}dan batas atas D_k^{max} sehingga ketika pusat distribusi k dibangun ($Y_k = 1$) maka:

$$D_k^{min} Y_k \leq D_k \leq D_k^{max} Y_k \ , \quad \forall k. \tag{2.22}$$

Kemudian batasan kapasitas pusat distribusi juga berhubungan secara linier terhadap aliran material yang ditangani:

$$D_k \geq \sum_{i,l} \delta_{ik} Q_{ikl} \ , \quad \forall k, \tag{2.23}$$

Dimana δ_{ik}adalah nilai koefisien yang sudah ditentukan yang berhubungan kapasitas pusat distribusi dan produk.

2. Fungsi tujuan

Secara umum jaringan distribusi melibatkan biaya investasi dan operasional. Biaya investasi berhubungan dengan biaya-biaya pendirian infrastruktur jaringan yaitu fasilitas *warehouse* dan pusat distribusi. Sedangkan biaya operasional berhubungan dengan biaya produksi, biaya penanganan material di *warehouse* dan pusat distribusi dan biaya transportasi material dam jaringan.

a. Biaya tetap infrastruktur

Biaya infrastruktur yang dipertimbangkan dalam formulasi ini terkait dengan pendirian atau penutupan suatu fasilitas produksi atau pusat distribusi di lokasi yang direncanakan. Biaya ini dinyatakan:

$$\sum_j C_j^{P,e} Y_j + \sum_j C_j^{P,s} (1 - Y_j) + \sum_k C_k^{D,e} Y_k + \sum_k C_k^{D,s} (1 - Y_k). \tag{2.24}$$

b. Biaya produksi

Biaya produksi diperoleh dari perkalian antara laju produksi P_{ij} untuk produk *i* di dalam plant *j* dengan biaya satuan produksi C_{ij}^P. Biaya ini dinyatakan:

$$\sum_{ij} C_{ij}^P P_{ij}. \tag{2.25}$$

Biaya change-over sebagai bentuk dari hilangnya kesempatan produksi (*lost of production*) juga harus diperhitungkan

$$\tau \sum_{ij} C_{ij}^P N_{ij}^c W_{ij}. \tag{2.26}$$

Dalam biaya produksi juga diperhitungkan material yang dipasok pihak ketiga (*out-sourced material*) untuk melayani kelebihan *demand*:

$$\sum_{ik} C_i^S O_{ik}. \tag{2.27}$$

c. Biaya penanganan barang di pusat distribusi

Biaya penanganan dapat diperkirakan sebagai fungsi linear dari total throughput yang dinyatakan sebagai berikut:

$$\sum_{ik} C_{ik}^{DH} (\sum_l Q_{ikl}). \tag{2.28}$$

Biaya penanganan dan penyimpanan sementara dalam lokasi produksi sudah masuk dalam biaya produksi.

d. Biaya transportasi

Biaya satuan transportasi adalah bersifat tetap yang tidak bergantung dengan jumlah produk yang dikirim dan hanya tergantung pada lokasi keberangkatan dan tujuan yaitu dari lokasi produksi ke pusat distribusi dan dari pusat distribusi ke lokasi pelanggan. Biaya transportasi ini dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut:

$$\sum_{i,j,k} C_{ijk}^T Q_{ijk} + \sum_{i,k,l} C_{ikl}^T Q_{ikl}. \tag{2.29}$$

e. Duties

Pada model tertentu biaya *duties* berlaku pada barang yang dipindahkan dari lokasi produksi menuju pusat distribusi yang dinyatakan dalam mata uang negara pengimpor sebagai fungsi biaya produksi dan transportasi dengan koefisien tertentu:

$$C_{ijk}^D = a_{jk}(\beta C_{ij}^P + \gamma C_{ijk}^T). \tag{2.30}$$

Fungsi tersebut direpresentasikan dalam fungsi tujuan sebagai berikut;

$$\sum_{i,j,k} C_{ijk}^D Q_{ijk}. \tag{2.31}$$

Biaya satuan *duty* adalah juga fungsi biaya penanganan dan transportasi dari pusat distribusi menuju lokasi pelanggan dengan koefisien tertentu yang dinyatakan sebagai berikut:

$$C_{ikl}^D = a_{ikl}(\beta C_{ik}^{DH} + \gamma C_{ikl}^T). \tag{2.32}$$

Fungsi tersebut direpresentasikan dalam fungsi tujuan sebagai berikut;

$$\sum_{i,k,l} C_{ikl}^D Q_{ikl}. \tag{2.33}$$

f. Fungsi tujuan keseluruhan

Dengan menggabungkan fungsi-fungsi biaya di atas, biaya total jaringan rantai pasok dinyatakan dalam fungsi tujuan optimasi sebagai berikut:

Min biaya infrastruktur fasilitas produksi
+ biaya infrastruktur pusat distribusi + biaya produksi
+ biaya penanganan barang di pusat distribusi
+ biaya transportasi + biaya *duty*

$$Min\ \sum_j C_j^{P,e} Y_j + \sum_j C_j^{P,s}(1 - Y_j) + \sum_k C_k^{D,e} Y_k + \sum_k C_k^{D,s}(1 - Y_k)$$
$$+ \sum_{ij} C_{ij}^{P} P_{ij} + \sum_{ik} C_i^{S} O_{ik} + \tau \sum_{ij} C_{ij}^{P} N_{ij}^{c} W_{ij} + \sum_{ik} C_{ik}^{DH} (\sum_l Q_{ikl})$$
$$+ \sum_{i,j,k} C_{ijk}^{T} Q_{ijk} + \sum_{i,k,l} C_{ikl}^{T} Q_{ikl} + \sum_{i,j,k} C_{ijk}^{D} Q_{ijk} + \sum_{i,k,l} C_{ikl}^{D} Q_{ikl}. \quad (2.34)$$

Fungsi tujuan di atas dibatasi oleh semua batasan (*constraints)* yang terdapat dalam batasan (2.7) sampai dengan batasan (2.23).

Fungsi tujuan tersebut di atas dapat dimodifikasi ke dalam permasalahan maksimasi dengan menjadikan parameter keuntungan (*profit*) dalam memenuhi demand yang dikalikan dengan harga jual produk.

ii. Penelitian oleh Tsiakis, Shah dan Pantelides (2001)

Tsiakis, Shah dan Pantelides (2001) juga melakukan penelitian mengenai desain jaringan *supply chain multiproduct multi-echelon*. Jaringan rantai pasok terdiri atas sejumlah fasilitas produksi pada lokasi yang tetap, sejumlah fasilitas *warehouse* dan pusat distribusi dengan lokasi yang belum pasti (akan dipilih dari beberapa lokasi potensial) dan sejumlah area pelanggan pada lokasi yang tetap (Gambar 2.3). Sistem ini kemudian dimodelkan secara matematis dalam permasalahan optimasi *mixed-integer linear programming*. Keputusan yang akan diambil meliputi penentuan jumlah, lokasi dan kapasitas warehouse dan pusat distribusi yang akan didirikan, keputusan jalur transportasi dalam jaringan dan tingkat produksi. Tujuannya adalah untuk meminimalkan total biaya tahunan dalam jaringan dengan mempertimbangkan biaya infrastruktur dan operasional.

Representasi model matematika (Gambar 2.4) dan perumusan dari permasalahan jaringan *supply chain multiproduct multi-echelon* adalah sebagai berikut:

1. Notasi

Notasi yang akan digunakan dalam pemodelan ini adalah sebagai berikut:

1. Indeks:

I Produk.

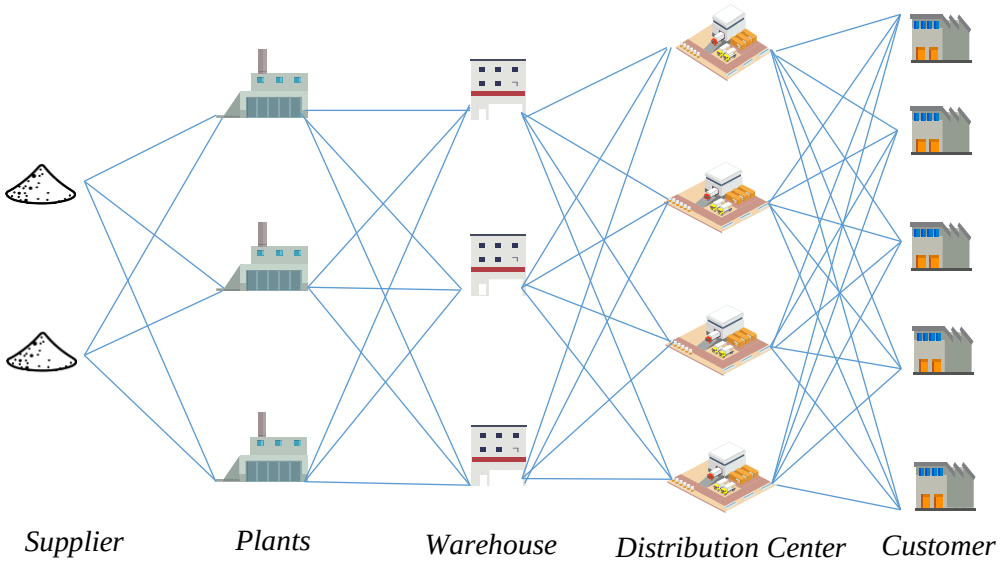
F Produk *family*.

J *Plant*

M Kemungkinan lokasi *warehouse*.

K Kemungkinan lokasi pusat distribusi.

L *Customer demand zone.*



Gambar 2.4 Jaringan rantai pasok yang umum (Tsiakis *et.al*, 2001)

2. Variabel-variabel

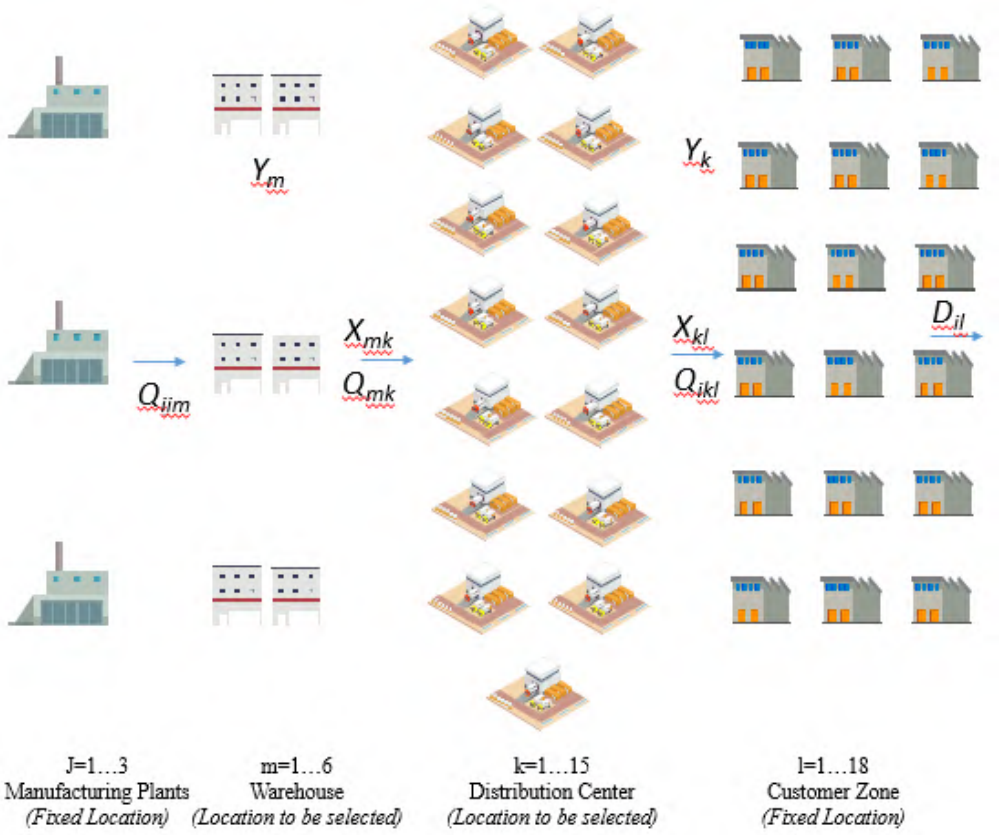
a. Variabel biner

Y_m Bernilai 1 jika *warehouse* pada lokasi kandidat *m* didirikan dan bernilai 0 jika sebaliknya.

Y_k Bernilai 1 jika pusat distribusi pada lokasi kandidat *k* didirikan dan bernilai 0 jika sebaliknya.

X_{mk} Bernilai 1 jika warehouse *m* mensuplai pusat distributsi *k* dan bernilai 0 jika sebaliknya.

X_{kl} Bernilai 1 jika pusat distributsi *k* mensuplai *customer zone l* dan bernilai 0 jika sebaliknya.



Gambar 2.5 Representasi jaringan rantai pasok yang umum (Tsiakis *et.al*, 2001)

b. Variabel kontinyu

P_{ij} Laju produksi produk *i* pada lokasi *plant j*.

Q_{ijm} Laju aliran produk *i* dari fasilitas produksi *plant j* menuju *warehouse m.*

Q_{imk} Laju aliran produk *i* dari *warehouse m* menuju pusat distribusi *k.*

Q_{ikl} Laju aliran produk *i* dari pusat distribusi *k* menuju *customer zone l.*

W_m Kapasitas *warehouse m.*

D_k Kapasitas pusat distribusi *k.*

3. Batasan-batasan (constraints)

Batasan-batasan dalam penelitian Tsiakis. *et.al* (2001) ini adalah sebenarnya konsep dasar dari penelitian Tsiakis dan papageorgiou (2008) yang dijelaskan dalam bagian sebelumnya. Secara ringkas batasan-batasan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

a. Batasan struktur jaringan

Batasan ini terkait dengan hubungan antara warehouse *m*, pusat distribusi *k* dan *customer zone l* yang dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut:

$$X_{mk} \leq Y_m, \quad \forall m, k \tag{2.35}$$

$$\sum_m X_{mk} = Y_k, \quad \forall k \in K^{ss} \tag{2.36}$$

K^{ss} adalah himpunan pusat distribusi yang membutuhkan sumber tunggal (*single sourcing*).

$$X_{mk} \leq Y_k, \quad \forall m, k \notin K^{SS} \tag{2.37}$$

Fungsi (2.27) adalah hanya untuk pusat distribusi yang tidak membutuhkan sumber tunggal (*single sourcing*). Apabila dikehendaki batasan single-sourced maka fungsi pembatas (2.26) sudah cukup.

$$X_{kl} \leq Y_k, \quad \forall k, l \tag{2.38}$$

$$\sum_k X_{kl} = 1, \quad \forall l \in L^{SS} \tag{2.39}$$

L^{ss} adalah himpunan *customer zone* yang membutuhkan sumber tunggal (*single sourcing*).

b. Batasan logis aliran transportasi

Batasan ini terkait dengan aliran produk *i* dari fasilitas produksi *plant j* menuju ke *warehouse m* kemudian menuju pusat distribusi *k* kemudian menuju *customer zone l:*

$$Q_{ijm} \leq Q_{ijm}^{max} Y_m, \quad \forall i, j, m \tag{2.40}$$

$$Q_{imk} \leq Q_{imk}^{max} X_{mk}, \quad \forall i, m, k \tag{2.41}$$

$$Q_{ikl} \leq Q_{ikl}^{max} X_{kl}, \quad \forall i, k, l \tag{2.42}$$

$$\sum_i Q_{imk} \geq Q_{mk}^{min} X_{mk}, \quad \forall m, k \tag{2.43}$$

$$\sum_i Q_{ikl} \geq Q_{kl}^{min} X_{kl}, \quad \forall k, l \tag{2.44}$$

c. Keseimbangan material

Batasan ini terkait dengan keseimbangan aliran material yaitu yang menuju *warehouse m* harus sama dengan dengan total produksi, jumlah masuk dan keluar dari *warehouse m* harus sama, jumlah masuk dan keluar pusat distribusi *k* juga harus sama dan terakhir yang masuk ke *customer zone* harus sama dengan jumlah *demand*:

$$P_{ij} = \sum_m Q_{ijm}, \quad \forall i,j \tag{2.45}$$

$$\sum_j Q_{ijm} = \sum_k Q_{imk}, \quad \forall i,m \tag{2.46}$$

$$\sum_m Q_{imk} = \sum_l Q_{ikl}, \quad \forall i,k \tag{2.47}$$

$$\sum_k Q_{ikl} = \mathrm{D}_{il}, \quad \forall i,l \tag{2.48}$$

d. Batasan sumber daya produksi

Batasan ini terkait dengan laju produksi yang harus dijaga lebih dari batas minimal operasi dan maksimalnya adalah sesuai dengan desain kapasitas maksimumnya serta terkait dengan pemakaian sumberdaya yang memungkinkan untuk digunakan oleh beberapa *production lines* (*shared resources*)

$$P_{ij}^{min} \leq P_{ij} \leq P_{ij}^{max}, \quad \forall i,j \tag{2.49}$$

$$\sum_i \rho_{ije} P_{ij} \leq R_{je}, \quad \forall j,e \tag{2.50}$$

Koefisien ρ_{ije} menyatakan jumlah *resource e* yang digunakan oleh *plant j* untuk memproduksi produk *i* sedangkan R_{je} menyatakan tingkat *availability* dari *resource e* pada *plant j*.

e. Batasan kapasitas *warehouse* dan pusat distribusi

Batasan ini menjelaskan bahwa kapasitas warehouse *m* secara umum berada dalam rentang batas bawah W_m^{min}dan batas atas W_m^{max} sehingga ketika *warehouse m* dibangun ($Y_m = 1$) maka:

$$W_m^{min} Y_m \leq Y_m \leq W_m^{max} Y_m, \quad \forall m. \tag{2.51}$$

Batasan serupa juga berlaku untuk pusat distribusi k yang dinyatakan sebagai berikut:

$$D_k^{min} Y_k \leq D_k \leq D_k^{max}, \quad \forall k \tag{2.52}$$

Kemudian batasan kapasitas *warehouse* dan pusat distribusi juga berhubungan secara linier terhadap aliran material yang ditangani:

$$W_m \geq \sum_{i,k} \alpha_{im}\, Q_{imk}, \quad \forall m \tag{2.53}$$

$$D_k \geq \sum_{i,l} \beta_{ik}\, Q_{ikl}, \quad \forall k \tag{2.54}$$

dimana α_{im} dan β_{ik} adalah koefisien yang sudah ditentukan.

f. Batasan *nonnegativity*

Semua variabel kontinyu harus mempunyai nilai tidak boleh negatif:

$$P_{ij} \geq 0, \qquad \forall i, j \tag{2.55}$$

$$Q_{ijm} \geq 0, \qquad \forall i, j, m \tag{2.56}$$

$$Q_{imk} \geq 0, \qquad \forall i, m, k \tag{2.57}$$

$$Q_{ikl} \geq 0, \qquad \forall i, k, l \tag{2.58}$$

4. Fungsi tujuan

Dengan menggabungkan fungsi-fungsi biaya yang meliputi:

a. Biaya tetap infrastruktur,

b. Biaya produksi,

c. Biaya penanganan material di *warehouse* dan pusat distribusi,

d. Biaya transportasi,

maka biaya total jaringan rantai pasok dinyatakan dalam fungsi tujuan optimasi sebagai berikut:

$$min \qquad \sum_m C_m^W Y_m + \sum_k C_k^D Y_k + \sum_{ij} C_{ij}^P P_{ij} + \sum_{i,m} C_{im}^{WH} \left(\sum_j Q_{ijm}\right) +$$

$$\sum_{i,k} C_{ik}^{DH} \left(\sum_m Q_{imk}\right) + \sum_{f,j,m} C_{fjm} + \sum_{f,m,k} C_{fmk} + \sum_{f,k,l} C_{fkl}. \tag{2.59}$$

Fungsi tujuan tersebut dibatasi oleh semua fungsi pembatas (2.35) sampai dengan (2.58).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian perancangan jaringan rantai pasok *multi-echelon* pada perusahaan industri semen di Indonesia pasca melakukan akuisisi. Tahapan penelitian digambarkan dalam suatu kerangka penelitian yang dimulai dari pengumpulan seluruh data yang dibutuhkan termasuk melakukan wawancara dengan para pihak yang terkait, penggambaran rantai pasok semen dari seluruh fasilitas produksi yang dimiliki setelah melakukan akuisisi, pemodelan sistem jaringan rantai pasok secara matematis, proses verifikasi pada model yang telah dikembangkan kemudian dilanjutkan dengan proses optimasi dan analisis data hingga pada akhirnya akan ditarik suatu kesimpulan dan saran.

3.1 Tahap Pengumpulan Data Terkait Rantai Pasok Semen

Setelah melakukan studi literatur dari berbagai jurnal dan publikasi internasional mengenai *production/distribution allocation problem* yang dijelaskan pada Bab 2 Kajian Pustaka, maka kegiatan penelitian ini akan dilanjutkan pada tahap berikutnya yaitu pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk melakukan optimasi jaringan rantai pasok yang terintegrasi pasca akuisisi. Data-data yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Data lokasi dan kapasitas seluruh fasilitas produksi pasca akuisisi yang terdiri atas fasilitas *integrated cement plant*, *grinding plant* dan *packing plant* yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Kapasitas fasilitas produksi ini dinyatakan dalam satuan ton per tahun. Terkait dengan data kapasitas ini, dalam perhitungan nanti akan ditemui istilah *clinker factor* (CF) yaitu persentase komposisi *clinker* yang akan digunakan dalam produksi semen. Hal ini untuk menjelaskan bahwa pada fasilitas *grinding plant* akan membutuhkan sejumlah *clinker* yang dikirim dari *integrated cement plant* untuk diproses (digiling) bersama beberapa bahan lainnya seperti gypsum, trass dan kapur *highgrade* menjadi semen.

2. Data permintaan semen selama satu tahun sesuai dengan target *market share* Semen Indonesia di seluruh provinsi Indonesia. Data permintaan semen ini dinyatakan dalam satuan ton semen per tahun.
3. Data biaya satuan produksi *clinker* dan semen di seluruh fasilitas produksi terkait. Data biaya ini dinyatakan dalam satuan rupiah per ton.
4. Data biaya investasi dan biaya tetap operational rata-rata satu tahun pada fasilitas produksi dan biaya penutupan (*shuting down*) atas fasilitas *grinding plant* dan atau *packing plant*. Data ini dinyatakan dalam satuan rupiah per tahun. Data biaya penutupan fasilitas *grinding plant* dan *packing plant* ini terkait dengan biaya pemeliharaan dan pengamanan aset, biaya depresiasi aset, biaya sewa lahan apabila ada dan termasuk *layoff cost* karyawan. Dalam penelitian ini, biaya penutupan fasilitas produksi diasumsikan di luar pertimbangan kebijakan perusahaan atas adanya kemungkinan pengalihan asset apabila solusi optimalnya adalah rekomendasi untuk tidak mengoperasikan fasilitas tersebut..
5. Data biaya satuan transportasi semen dari fasilitas produksi ke pelanggan, data biaya satuan transportasi *clinker* dari *integrated cement plant* menuju *grinding plant* dan data biaya satuan transportasi semen curah dari *integrated cement plant* menuju *packing plant*. Data ini dinyatakan dalam satuan rupiah per ton.

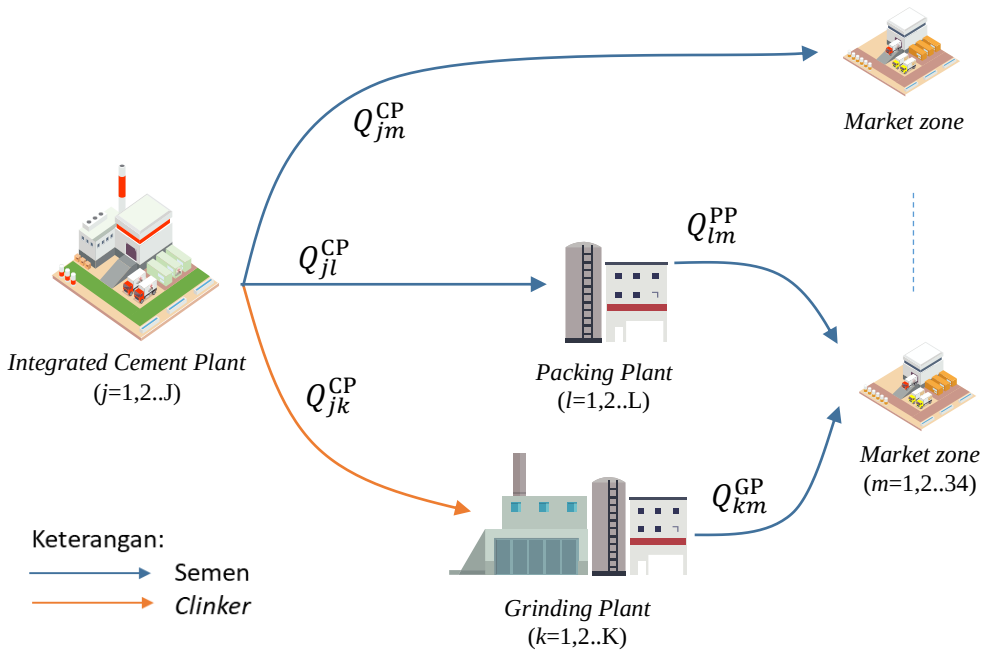
Untuk mendapatkan data-data tersebut akan dilakukan wawancara dan permintaan data kepada unit kerja terkait yang meliputi departemen produksi, departemen akutansi keuangan, departemen distribusi, departemen transportasi, dan departemen *supply chain*.

3.2 Pemetaan Konfigurasi Rantai Pasok Semen

Dalam industri semen, ada 2 (dua) macam aliran produk yaitu produk setengah jadi yang berupa *clinker* dan produk jadi yaitu semen. *Clinker* adalah produk setengah jadi pada industri semen yang berupa butiran atau batuan padat yang dihasilkan dari proses pembakaran *raw meal* (bahan baku semen berbentuk tepung sangat halus dari campuran batu kapur, tanah liat, pasir besi dan silika) pada suhu sangat tinggi (mencapai 1.400 ^{o}C) dalam tanur putar (*kiln)*. *Clinker* ini kemudian digiling dengan tabahan *gypsum* dan bahan lainnya seperti *pozzolan*,

trass, batu kapur dan *flyash* menjadi semen. Produk akhir berupa semen ini bisa dikirim secara langsung dari fasilitas *integrated cement plant* menuju pelanggan pada beberapa kota yang dekat dengan lokasi *integrated cement plant*. Namun, untuk memenuhi permintaan semen di luar pulau dan untuk menghemat biaya transportasi maka perusahaan membangun fasilitas *grinding plant* dan atau *packing plant* pada beberapa wilayah di Indonesia dengan mengirim *clinker* ke lokasi fasilitas *grinding plant* dan atau semen curah menuju lokasi fasilitas *packing plant*. Pada fasilitas produksi tersebut dilakukan penggilingan *clinker* menjadi semen dan pengemasan semen dalam bentuk zak kemasan 40 kg dan atau 50 kg yang kemudian didistribusikan ke pelanggan.

Untuk memudahkan dalam menggambarkan aliran produk *clinker* dan semen dalam jaringan rantai pasok semen diilustrasikan pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3.1 Konfigurasi Jaringan Rantai Pasok Semen di Semen Indonesia.

3.3 Pemodelan Sistem Jaringan

Pada bagian ini akan dikembangkan formulasi model yang bertujuan untuk menggambarkan jaringan rantai pasok semen berdasarkan Gambar 3.1 di atas. Data awal jumlah lokasi fasilitas yang dimiliki Semen Indonesia setelah akuisisi yaitu

integrated cement plant sebanyak 8 lokasi, *grinding plant* sebanyak 5 lokasi, dan *packing plant* sebanyak 31 lokasi untuk memenuhi area pemasaran di 34 provinsi di Indonesia. Perumusan formulasi model sebagai berikut:

a. Notasi

Notasi yang akan digunakan dalam pemodelan ini adalah sebagai berikut:

1. Indeks:
   1. J *Integrated Cement Plant* dengan nilai indeks 1,2 … J.
   2. K *Grinding Plant* dengan nilai indeks 1,2 … K.
   3. L *Packing Plant* dengan nilai indeks 1,2 … L.
   4. M *Market* pada level provinsi dengan nilai indeks 1,2 … M.
2. Parameter-parameter:
   1. f_k^{CP} Biaya tetap operasional integrated cement plant *j* dalam setahun.
   2. $f_k^{\mathrm{GP,e}}$ Biaya tetap operasional *grinding plant k* dalam setahun.
   3. $f_k^{\mathrm{GP,s}}$ Biaya tetap penutupan *grinding plant k* dalam setahun.
   4. $f_l^{\mathrm{PP,e}}$ Biaya tetap operasional *packing plant l* dalam setahun.
   5. $f_l^{\mathrm{PP,s}}$ Biaya tetap penutupan *packing plant l* dalam setahun.
   6. $C_j^{\mathrm{P,cmt_zak}}$ Biaya produksi semen kemasan zak per ton di *integrated cement plant j*.
   7. $C_j^{\mathrm{P,cmt_bulk}}$ Biaya produksi semen curah per ton di *integrated cement plant j*.
   8. $C_j^{\mathrm{P,cli}}$ Biaya produksi *clinker* per ton di *integrated cement plant j*.
   9. C_k^{P} Biaya produksi semen per ton di *grinding plant k*.
   10. C_l^{P} Biaya pengemasan per ton di *packing plant l*.
   11. C_{jm}^{T} Biaya transportasi satuan dari *integrated cement plant j* menuju *market m*.
   12. C_{jk}^{T} Biaya transportasi satuan dari *integrated cement plant j* menuju *grinding plant k*.

13. C_{jl}^{T} Biaya transportasi satuan dari *integrated cement plant j* menuju *packing plant l.*
14. C_{km}^{T} Biaya transportasi satuan dari *grinding plant k* menuju *market m.*
15. C_{lm}^{T} Biaya transportasi satuan dari *packing plant l* menuju *market m.*
16. Cap_{j}^{CP} Kapasitas produksi semen setahun di *integrated cement plant j*.
17. $MinOps_{j}^{\mathrm{CP}}$ Tingkat produksi semen minimum setahun di *integrated cement plant j*.
18. Cap_{k}^{GP} Kapasitas produksi semen setahun di *grinding plant k.*
19. Cap_{l}^{PP} Kapasitas produksi semen setahun di *packing plant l.*
20. CF *Clinker factor* sebagai faktor pengali untuk menghitung volume *equal* semen.
21. D_m Jumlah target pemenuhan permintaan tahunan pada *market m*

3. Variabel-variabel:

1. Y_k Bernilai 1 jika *grinding plant k* dioperasikan dan bernilai 0 jika sebaliknya.
2. Y_l Bernilai 1 jika *packing plant l* dioperasikan dan bernilai 0 jika sebaliknya.
3. Q_{jm}^{CP} Volume produk semen yang dikirim dari *integrated cement plant j* menuju *market m*.
4. Q_{jk}^{CP} Volume produk *clinker* yang dikirim dari *integrated cement plant j* menuju *grinding plant k*. Catatan: untuk mengonversi dari material *clinker* menjadi semen maka dibutuhkan *clinker factor* (*CF*) dikalikan volume *clinker*.
5. Q_{jl}^{CP} Volume produk semen yang dikirim dari *integrated cement plant j* menuju *packing plant l.*
6. Q_{km}^{GP} Volume produk semen yang dikirim dari *grinding plant k* menuju *market m*.
7. Q_{lm}^{PP} Volume produk semen yang dikirim dari *packing plant l* menuju *market m*.

b. Perumusan Matematis Masalah Deterministik.

Model matematika yang diusulkan untuk masalah jaringan rantai pasok di atas adalah menggunakan permasalahan *mixed-linear integer programming* (MILP) yang akan dijelaskan di bawah ini:

1. Fungsi tujuan

Fungsi tujuan dalam penelitian ini adalah untuk meminimumkan biaya total dalam setahun pada jaringan rantai pasok semen yang terdiri atas:

a. Biaya tetap infrastruktur fasilitas.

Fungsi tujuan ini terkait dengan biaya tetap operasional *integrated cement plant j* dan keputusan untuk tetap mengoperasikan atau menutup fasilitas *grinding plant k* dan atau *packing plant l* yang dirumuskan dengan fungsi sebagai berikut:

$$\sum_j f_j^{\mathrm{CP}} + \sum_k f_k^{\mathrm{GP,e}}\, Y_k + \sum_k f_k^{\mathrm{GP,s}}\,(1 - Y_k) + \sum_l f_l^{\mathrm{PP,e}}\, Y_l + \sum_l f_l^{\mathrm{PP,s}}\,(1 - Y_l) \tag{3.1}$$

Komponen biaya ini termasuk biaya tetap operasional tahunan dan biaya tahunan dari nilai investasi aset produksi yang dihitung menggunakan pendekatan konsep *equal-payment-series capital recovery factor* dengan parameter nilai investasi aset, umur teknis aset dan bunga yang dirumuskan dalam persamaan A = P (A/P), i, n.

b. Biaya produksi.

Biaya produksi ini terdiri atas total produksi semen curah, semen dalam kemasan dan *clinker* di *integrated cement plant j*, biaya penggilingan semen di *grinding plant k* dan biaya pengantongan di *packing plant l* dengan rumus jumlah produksi dikalikan biaya satuan produksi rupiah per ton sebagai berikut:

$$\sum_j C_j^{\mathrm{P,cmt_zak}} Q_{jm}^{\mathrm{CP}} + \sum_j C_j^{\mathrm{P,cli}} Q_{jk}^{\mathrm{CP}} + \sum_j C_j^{\mathrm{P,cmt_bulk}} Q_{jl}^{\mathrm{CP}} + \sum_k C_k^{\mathrm{P}}\, Q_{km}^{\mathrm{GP}} + \sum_l C_l^{\mathrm{P}} Q_{lm}^{\mathrm{PP}} \tag{3.2}$$

c. Biaya transportasi.

Biaya transportasi ini terdiri atas biaya satuan transportasi material baik berupa semen dari lokasi fasilitas produksi ke *market m* dan atau *clinker* dari

fasilitas *integrated cement plant j* ke *grinding plant k* dan atau semen curah dari fasilitas *integrated cement plant j* ke *packing plant l* dikalikan dengan volume material yang dikirim. Biaya transportasi ini dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut:

$$\sum_j C_{jm}^{\mathrm{T}}\, Q_{jm}^{\mathrm{CP}} + \sum_j C_{jk}^{\mathrm{T}}\, Q_{jk}^{\mathrm{CP}} + \sum_j C_{jl}^{\mathrm{T}}\, Q_{jl}^{\mathrm{CP}} + \sum_k C_{km}^{\mathrm{T}}\, Q_{km}^{\mathrm{GP}} + \sum_l C_{lm}^{\mathrm{T}}\, Q_{lm}^{\mathrm{PP}} \qquad (3.3)$$

d. Fungsi tujuan keseluruhan

Dengan menggabungkan fungsi-fungsi biaya pada (3.1) – (3.3), biaya total jaringan rantai pasok dinyatakan dalam fungsi tujuan keseluruhan sebagai berikut:

Min Biaya tetap infrastruktur fasilitas + biaya produksi + biaya transportasi

$$\begin{aligned} Min\ & \sum_j f_j^{\mathrm{CP}} + \sum_k f_k^{\mathrm{GP,e}}\, Y_k + \sum_k f_k^{\mathrm{GP,s}}\,(1 - Y_k) + \sum_l f_l^{\mathrm{PP,e}}\, Y_l + \sum_l f_l^{\mathrm{PP,s}}\,(1 - Y_l) \\ & + \sum_j C_j^{\mathrm{P,cmt_zak}} Q_{jm}^{\mathrm{CP}} + \sum_j C_j^{\mathrm{P,cli}} Q_{jk}^{\mathrm{CP}} + \sum_j C_j^{\mathrm{P,cmt_bulk}} Q_{jl}^{\mathrm{CP}} + \sum_k C_k^{\mathrm{P}}\, Q_{km}^{\mathrm{GP}} \\ & + \sum_l C_l^{\mathrm{P}} Q_{lm}^{\mathrm{PP}} + \sum_j C_{jm}^{\mathrm{T}}\, Q_{jm}^{\mathrm{CP}} + \sum_j C_{jk}^{\mathrm{T}}\, Q_{jk}^{\mathrm{CP}} + \sum_j C_{jl}^{\mathrm{T}}\, Q_{jl}^{\mathrm{CP}} + \sum_k C_{km}^{\mathrm{T}}\, Q_{km}^{\mathrm{GP}} \\ & + \sum_l C_{lm}^{\mathrm{T}}\, Q_{lm}^{\mathrm{PP}} \qquad (3.4) \end{aligned}$$

Fungsi tujuan di atas (3.4) dibatasi oleh semua batasan (*constraints)* yang terdapat dalam batasan (3.5) sampai dengan batasan (3.17) sesuai penjelasan sebagai berikut:

2. Batasan kapasitas fasilitas produksi *integrated cement plant.*

Jumlah produksi semen yang dikirim dari fasilitas produksi *integrated cement plant j* langsung menuju *market m* dan atau *packing plant l,* serta jumlah *clinker* menuju *grinding plant k* tidak boleh melebihi kapasitas produksi tahunan tetapi lebih besar dari atau sama dengan minimum produksi tahunan *integrated cement plant j*. Basis perhitungan dalam model ini adalah dalam satuan ton semen per tahun sehingga bahan *clinker* yang dikirim dari *integrated cement plant j* menuju *grinding plant k* dapat diketahui dari volume *equal cement* dibagi dengan *clinker factor* (CF). Fungsi kendala mengenai kapasitas fasilitas produksi *integrated cement plant j* dinyatakan sebagai berikut:

$$MinOps_j^{\mathrm{CP}} \le \sum_m Q_{jm}^{\mathrm{CP}} + \sum_l Q_{jl}^{\mathrm{CP}} + \sum_k \left(\frac{Q_{jk}^{\mathrm{CP}}}{CF}\right) \le Cap_j^{\mathrm{CP}}, \quad \forall j \qquad (3.5)$$

3. Batasan struktur jaringan fasilitas produksi *grinding plant.*

   Apabila *grinding plant k* dioperasikan maka jumlah produk *clinker* yang dikirim oleh fasilitas produksi *integrated cement plant j* menuju *grinding plant k* tidak boleh melebihi kapasitas produksi *grinding plant k.* Seperti pada kendala (3.5) di atas, dasar perhitungan dalam model ini adalah dalam satuan ton semen per tahun sehingga jumlah *clinker* yang dikirim harus dikonversi terlebih dahulu menggunakan faktor konversi *clinker factor* (CF). Dengan demikian fungsi kendala mengenai kapasitas fasilitas produksi *grinding plant k* dinyatakan sebagai berikut:

$$\sum_j \left(\frac{Q_{jk}^{\mathrm{CP}}}{CF}\right) \leq Cap_k^{\mathrm{GP}}\, Y_k, \quad \forall k \tag{3.6}$$

4. Batasan struktur jaringan fasilitas produksi *packing plant.*

   Apabila *packing plant l* dioperasikan maka jumlah produksi semen yang dikirim dari fasilitas produksi *integrated cement plant j* menuju *packing plant l* tidak boleh melebihi kapasitas *packing plant l.* Basis perhitungan ini adalah dalam satuan ton semen per tahun. Fungsi kendala mengenai kapasitas fasilitas produksi *packing plant l* dinyatakan sebagai berikut:

$$\sum_j Q_{jl}^{\mathrm{CP}} \leq Cap_l^{\mathrm{PP}}\, Y_l, \quad \forall l \tag{3.7}$$

5. Batasan target pemenuhan permintaan (*targeted demand fullfilment*)

   Besarnya target pemenuhan permintaan di suatu area pasar tertentu adalah jumlah perkiraan permintaan dikalikan dengan target pangsa pasar perusahaan di area pasar tersebut. Jumlah target pemenuhan permintaan pada *market m* dijamin harus selalu bisa dipenuhi. Dengan demikian fungsi kendala terhadap pemenuhan permintaan pada area *market m* dalah sebagai berikut:

$$\sum_j Q_{jm}^{\mathrm{CP}} + \sum_l Q_{lm}^{\mathrm{PP}} + \sum_k Q_{km}^{\mathrm{GP}} \geq D_m, \quad \forall m \tag{3.8}$$

6. Batasan sinkronisasi *grinding plant*

   Dengan asumsi target *zero stock inventory* pada akhir tahun di fasilitas *grinding plant k* maka jumlah material yang masuk harus sama dengan yang keluar dari fasilitas *grinding plant k.* Dengan demikian fungsi kendalanya adalah sebagai berikut:

$$\sum_j \left(\frac{Q_{jk}^{\mathrm{CP}}}{CF}\right) = \sum_m Q_{km}^{\mathrm{GP}}, \quad \forall k \tag{3.9}$$

7. Batasan sinkronisasi *packing plant*

   Batasan ini mempunyai makna yang serupa pada fungsi kendala (3.9) yaitu dengan asumsi target *zero stock inventory* pada akhir tahun di fasilitas *packing plant l* maka jumlah material yang masuk harus sama dengan yang keluar dari fasilitas *packing plant l.* Dengan demikian fungsi kendalanya adalah sebagai berikut:

$$\sum_j Q_{jl}^{\mathrm{CP}} = \sum_m Q_{lm}^{\mathrm{PP}}, \quad \forall l \tag{3.10}$$

8. Batasan *nonnegativity* dan *integrality*

   Batasan *nonnegativity* merupakan batasan yang menjelaskan bahwa aliran material dalam rantai pasok tidak boleh bernilai negatif yang dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut :

$$Q_{jm}^{\mathrm{CP}} \geq 0, \quad \forall j,m \tag{3.11}$$

$$Q_{jk}^{\mathrm{CP}} \geq 0, \quad \forall j,k \tag{3.12}$$

$$Q_{jl}^{\mathrm{CP}} \geq 0, \quad \forall j,l \tag{3.13}$$

$$Q_{km}^{\mathrm{GP}} \geq 0, \quad \forall k,m \tag{3.14}$$

$$Q_{lm}^{\mathrm{PP}} \geq 0, \quad \forall l,m \tag{3.15}$$

   Batasan *integrality* menjelaskan mengenai keputusan tetap mengoperasikan atau menutup fasilitas *grinding plant k* dan atau *packing plant l* yang dinyatakan dalam fungsi sebagai berikut :

$$Y_k \in \{0,1\}, \ \forall k \in K \tag{3.16}$$

$$Y_l \in \{0,1\}, \ \forall l \in L \tag{3.17}$$

Fungsi tujuan pada (3.4) dapat dimodifikasi menjadi permasalahan maksimasi berdasarkan variabel keuntungan (*profit*) dalam memenuhi *demand* yang dikalikan harga jual produk yang spesifik (Tsiakis dan Papageorgiou, 2008).

3.4 *Running* dan Verifikasi Model

Model matematis yang telah dikembangkan di atas akan dimasukkan ke dalam bahasa pemrograman LINGO. Formulasi model dalam kerangka LINGO

memiliki tiga bagian yaitu 1. set variabel dan parameter; 2. model matematika; 3. set data yang sesuai. LINGO *solver* menggunakan metode *branch and bound* untuk mendapatkan solusi optimal. Metode ini merupakan proses enumerasi yang cerdas dalam mencari rangkaian solusi yang lebih baik dan lebih baik sampai yang solusi terbaik ditemukan. Dalam proses pencarian solusi terbaik, nilai dalam memori akan diperbarui dengan nilai fungsi tujuan terbaik yang ditemukan sejauh ini. Proses ini akan berlanjut hingga nilai yang lebih baik lagi tidak dapat ditemukan (Yu *et al*., 2015). Kertas kerja untuk kebutuhan *set data* yang sesuai dan decision variabel akan disiapkan dalam *excel form* dimana untuk akses data *read and write* menggunakan perintah *Object Linking and Embedding* (OLE) .

Proses selanjutnya yaitu menjalankan program dan melakukan verifikasi yang bertujuan untuk memastikan bahwa model yang telah dikembangkan dapat secara tepat merefleksikan permasalahan jaringan rantai pasok yang ada. Proses verifikasi dilakukan dengan cara menganalisis apakah nilai hasil operasi antara parameter dengan nilai variabel yang berkorelasi yang merupakan hasil dari running model sudah memenuhi logika berfikir dan memenuhi semua batasan (*constraints*) yang telah ditetapkan. Simchi-Levi *et. al*. (2008) menyebut proses yang dilakukan untuk memastikan bahwa data dan model dapat merefleksikan permasalahan pada desain jaringan dengan istilah validasi data dan model. Proses ini umumnya dilakukan untuk menjawab beberapa pertanyaan yaitu apakah model yang telah dikembangkan sesuai dengan logika berfikir (masuk akal), apakah data-datanya konsisten, apakah *output* yang dihasilkan oleh model dapat secara sepenuhnya dijelaskan.

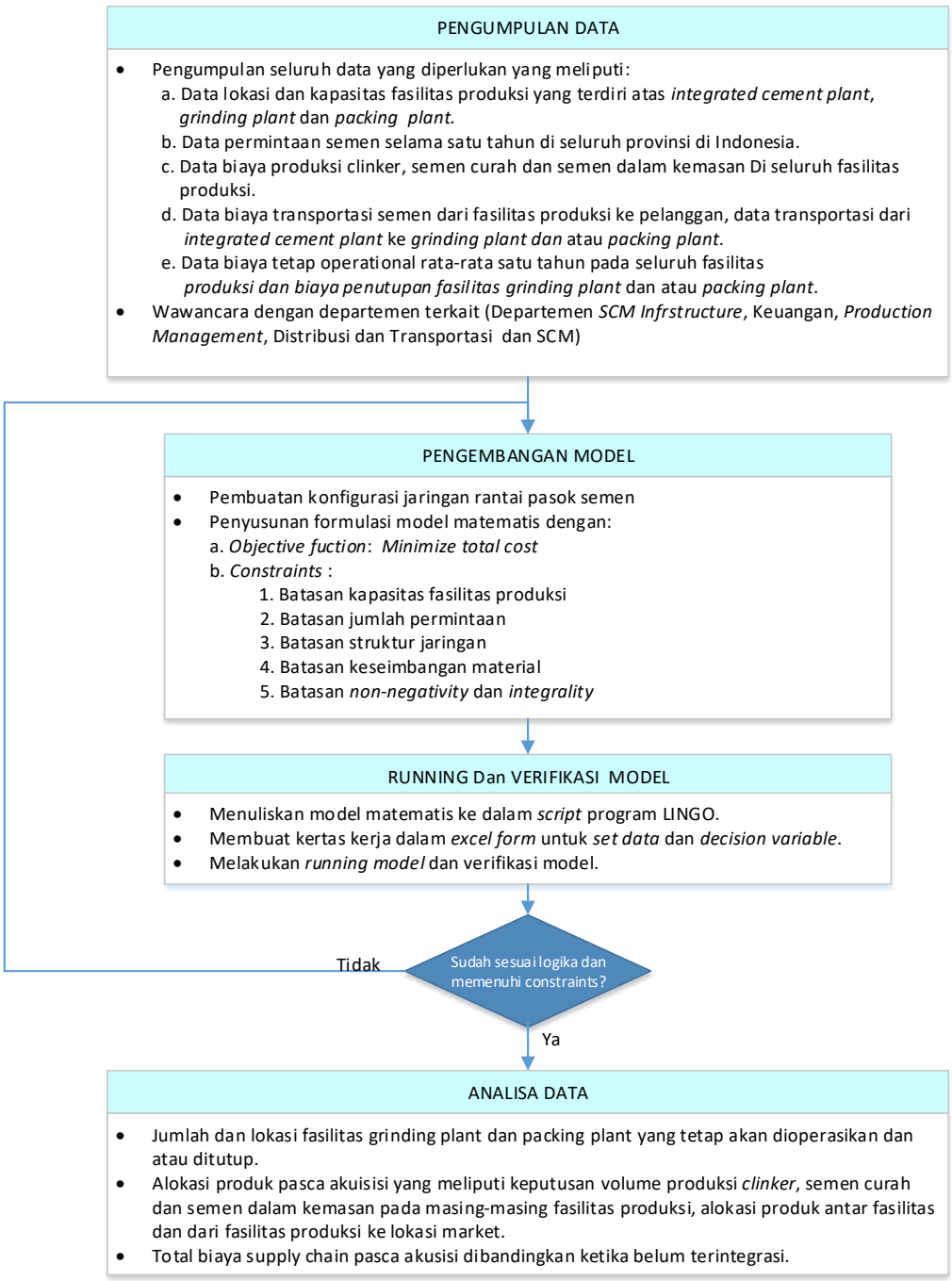
3.5 Analisis Hasil

Proses selanjutnya yaitu melakukan analisis data mengenai beberapa keputusan sesuai dengan tujuan dalam penelitian ini yaitu menentukan keputusan mengenai jumlah dan lokasi fasilitas *grinding plant* dan *packing plant* yang tetap akan dioperasikan dan atau ditutup, menentukan alokasi produk pasca akuisisi yang meliputi keputusan volume produksi *clinker*, semen curah dan semen dalam kemasan *bag* pada masing-masing fasilitas yang dioperasikan, alokasi dari fasilitas *integrated cement plant* ke *grinding plant* dan atau *packing plant*, alokasi dari

fasilitas *integrated cement plant* ke pelanggan, alokasi dari fasilitas *grinding plant* dan atau *packing plant* ke pelanggan sesuai dengan target pemenuhan *demand* pada masing-masing wilayah pemasaran di seluruh provinsi di Indonesia dengan biaya total yang minimum.

Biaya total rantai pasok pasca akuisisi akan dibandingkan dengan biaya total rantai pasok sebelum dilakukan integrasi. Untuk mendapatkan hasil yang fair maka parameter biaya dan jumlah permintaan secara total (*demand*) akan mengacu pada basis data yang sama. Pada tahap ini juga akan dilakukan analisis pada beberapa variabel dalam jaringan rantai pasok yang bertujuan untuk mencari tahu apakah ada potensi perbaikan (*improvement*) dalam pemanfaatan sumber daya pada jaringan yang ada. Dalam proses ini juga dimungkinkan untuk melakukan beberapa pengujian dengan cara melakukan perubahan yang kecil dalam konfigurasi jaringan untuk melihat respon dan dampaknya terhadap biaya total sistem jaringan rantai pasok.

Tahapan–tahapan penelitian di atas digambarkan dalam suatu kerangka penelitian yang secara garis besar ditunjukkan dalam diagram alir pada Gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2 Tahapan utama penelitian

BAB 4
PENGUMPULAN DATA DAN IMPLEMENTASI DESAIN

Studi kasus dalam makalah ini adalah representasi permasalahan nyata yang dihadapi oleh sebuah perusahaan semen terkait dengan integrasi jaringan rantai pasok perusahaan yang diakuisisi pada jaringan rantai pasok existing dengan tujuan untuk meminimalkan total cost dalam melayani permintaan pelanggan pada seluruh provinsi di Indonesia. Tahapan implementasi desain jaringan rantai pasok pasca akuisisi dimulai dari tahapan pengumpulan data, finalisasi model jaringan dari pengembangan model matematika yang diusulkan pada sub bab 3.3 yang disesuaikan dengan data-data yang ada kemudian mengimplementasikan model matematika tersebut ke dalam *software* atau program LINGO dan setelah itu dilakukan *running* model dan dilanjutkan proses verifikasi model.

4.1 Pengumpulan Data

Pasca akuisisi, infrastruktur perusahaan secara grup mengalami perubahan yang signifikan yaitu bertambahnya fasilitas produksi yang serupa berupa *integrated cement plant*, *grinding plant* dan *packing plant* (Tabel 1.2 halaman 5). Beberapa fasilitas produksi ini lokasinya ada yang berdekatan karena sebelumnya dua perusahaan ini saling berkompetisi (Gambar 1.6 halaman 7). Kebutuhan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini sudah dijelaskan dalam sub bab 3.1. Untuk menjaga kerahasiaan data asli dari perusahaan dalam studi kasus ini maka nilai dalam parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan ini adalah tidak sama persis namun masih tetap merepresentasikan kondisi yang nyata. Semua parameter yang digunakan dalam studi kasus ini akan direpresentasikan dalam tabel-tabel yang berisikan beberapa atribut dalam satu entitas agar representasinya bisa lebih sederhana.

4.1.1 Parameter pada Entitas *Integrated Cement Plant*

Parameter-parameter yang terkait dengan *integrated cement plant* mencakup data kapasitas produksi tahunan, biaya tetap operasional tahunan, biaya produksi satuan untuk *clinker*, semen curah dan semen kantong, biaya transportasi

satuan untuk *clinker* ke *grinding plant*. Data-data tersebut di atas direpresentasikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Parameter kapasitas, biaya tetap operasional, biaya transportasi dan biaya satuan produksi pada *cement plants* (CPs) (Rp x 1.000).

Cement Plant		Kapasitas *1.000 (Ton/Tahun)	Jumlah Biaya Tetap Operasional (Rp)	Biaya Satuan Produksi pada Cement Plant j (Rp/Ton)			Biaya Transportasi Cement Plant j ke Grinding Plant k		
				Clinker	Bulk	Bag	GP1	GP2	GP3
Tuban	CP01	14.700	1.874.548.742	362	309	379	295	449	225
Rembang	CP02	3.000	589.791.446	476	413	498	344	497	199
Padang	CP03	9.400	1.420.793.275	446	398	467	178	185	128
Tonasa	CP04	7.400	1.238.723.563	395	337	413	403	556	174
Tuban_LHI	CP05	3.600	449.253.368	447	388	468	317	471	248
Cilacap	CP06	3.400	469.537.663	450	393	471	372	536	135
Narogong	CP07	6.000	771.028.850	451	396	472	241	405	108
Lhok Nga	CP08	1.800	282.747.598	448	387	469	262	82	248

Biaya transportasi satuan untuk *semen curah* dari *integrated cement plant* menuju *packing plant* dan untuk semen kantong menuju lokasi *market* masing-masing ditunjukkan dalam Tabel 4.2 dan Tabel 4.3 pada halaman 55.

4.1.2 Parameter pada Entitas *Grinding Plant.*

Parameter ini mencakup data kapasitas produksi tahunan, biaya produksi satuan, biaya tetap operasional setahun dan biaya penutupan fasilitas apabila hasil optimasi merekomendasikan untuk menutup fasilitas tersebut. Batasan dalam makalah ini adalah produk yang dianalisis diaggregasikan pada level semen (*single product*) dan fasilitas *grinding plant* yang memproduksi semen khusus seperti semen putih dan semen *Max Strenght* diabaikan karena fasilitas produksinya adalah *dedicated*. Dengan demikian dalam makalah ini, jumlah *grinding plant* dari data awal sebanyak lima (5) lokasi akan disesuaikan menjadi tiga (3) lokasi. Data-data ini direpresentasikan pada Tabel 4.4 kecuali data transportasi semen kantong dari *grinding plant k* ke *market m* direprsentasikan pada Tabel 4.5 halaman 57.

Tabel 4.2 Parameter kapasitas, biaya satuan produksi, biaya tetap operasional dan biaya tetap penutupan pada *grinding plant* (GPs) (Rp x 1.000).

Grinding Plant		Kapasitas*1000 (Ton/year)	Biaya Satuan Prod. (Rp/Ton)	Biaya Tetap Operasional (Rp)	Biaya Tetap Penutupan (Rp)
GP Dumai	GP01	600	95	96.682.533	76.686.033
GP Kuala Indah	GP02	120	115	27.336.507	15.338.757
GP Ciwandan	GP03	540	102	86.014.279	69.017.529

Tabel 4.3 Tabel Parameter Biaya Transportasi Semen Curah dari *Integrated Cement Plant j* ke Packing Plant *l* (Rp. X 1.000)

C_{jl}^{T} (Ribu Rp/Ton)		PP Malahayati	PP Lhoksumaue	PP Belawan	PP Batam	PP Teluk Bayur	PP Bengkulu	PP Lampung	PP Ciwandan_ST	PP Tanjung Priok	PP Ciwandan_SI	PP Banyuwangi	PP Pontianak	PP Banjarmasin	PP Balikpapan	PP Sorong	PP Celukan Bawang	PP Makassar	PP Mamuju	PP Biringkasi	PP Palu	PP Kendari	PP Ambon	PP Bitung	PP Maluku Utara	PP Samarinda	PP Lhok-sumaue-HIL	PP Belawan-HIL	PP Dumai-HIL	PP Batam-HIL	PP Lampung-HIL	PP Pontianak-HIL
		PP 1	**PP 2**	**PP 3**	**PP 4**	**PP 5**	**PP 6**	**PP 7**	**PP 8**	**PP 9**	**PP 10**	**PP 11**	**PP 12**	**PP 13**	**PP 14**	**PP 15**	**PP 16**	**PP 17**	**PP 18**	**PP 19**	**PP 20**	**PP 21**	**PP 22**	**PP 23**	**PP 24**	**PP 25**	**PP 26**	**PP 27**	**PP 28**	**PP 29**	**PP 30**	**PP 31**
Tuban	**CP 1**	375	356	341	224	297	207	188	171	162	171	51	104	86	102	136	60	94	151	94	103	114	113	138	119	102	375	341	224	258	188	104
Rembang	**CP 2**	412	392	378	261	334	244	225	151	142	151	56	141	123	139	173	97	131	189	205	141	151	150	175	156	139	412	378	261	295	225	141
Padang	**CP 3**	180	171	141	136	51	106	88	97	107	97	209	242	266	307	377	219	300	348	469	314	342	376	335	335	307	180	141	136	118	88	242
Tonasa	**CP 4**	457	434	423	306	378	289	270	132	120	132	82	127	123	90	163	74	51	97	80	52	52	89	92	95	90	457	423	306	340	270	127
Tuban_LHI	**CP 5**	392	373	358	241	314	224	205	188	178	188	54	121	103	119	153	63	111	169	174	121	131	130	155	136	119	392	358	241	275	205	121
Cilacap	**CP 6**	438	416	407	283	356	208	190	103	92	103	59	163	145	162	196	68	153	211	240	163	173	172	197	178	162	438	407	283	313	190	163
Narogong	**CP 7**	338	321	308	183	256	109	91	82	55	82	116	111	150	273	306	145	173	291	269	190	209	265	253	279	273	338	308	183	214	91	111
Lhok Nga	**CP 8**	51	49	63	199	180	206	215	188	197	188	226	172	249	273	315	237	267	296	416	273	276	305	293	308	273	51	63	199	207	215	172

Tabel 4.4 Tabel Parameter Biaya Transportasi Semen Kantong dari Integrated Cement Plant *j* ke Market *m* (Rp. X 1.000).

C_{jm}^{T} (Ribu Rp/Ton)		D.I. Aceh	Sumut	Sumbar	Riau	Kep. Riau	Bengkulu	Jambi	Sumsel	Bangka - Belitung	Lampung	Banten	D. K. I. Jakarta	Jabar	Jateng	D. I. Y.	Jatim	Bali	Kalbar	Kalteng	Kalsel	Kaltim	Kaltara	Sulsel	Sulbar	Sulteng	Gorontalo	Sulut	Sultera	Maluku	Maluku Utara	Papua Barat	Papua	N. T. B.	N. T. T.
		M 1	**M 2**	**M 3**	**M 4**	**M 5**	**M 6**	**M 7**	**M 8**	**M 9**	**M 10**	**M 11**	**M 12**	**M 13**	**M 14**	**M 15**	**M 16**	**M 17**	**M 18**	**M 19**	**M 20**	**M 21**	**M 22**	**M 23**	**M 24**	**M 25**	**M 26**	**M 27**	**M 28**	**M 29**	**M 30**	**M 31**	**M 32**	**M 33**	**M 34**
Tuban	**CP 1**	658	598	520	393	452	363	342	311	342	330	300	284	232	133	177	90	105	183	163	150	179	197	165	182	220	266	242	200	198	208	238	239	132	163
Rembang	**CP 2**	723	663	585	458	517	428	407	376	407	395	265	249	197	80	125	97	170	248	228	215	244	262	230	247	285	331	307	265	263	273	303	304	197	228
Padang	**CP 3**	316	247	90	238	207	185	157	270	239	155	170	187	234	293	307	366	384	425	490	467	539	467	527	550	527	610	587	599	659	587	685	662	457	480
Tonasa	**CP 4**	802	742	664	537	596	507	486	455	486	474	232	210	191	174	158	144	131	224	174	216	158	179	90	91	62	171	162	92	157	167	292	286	126	155
Tuban_LHI	**CP 5**	688	628	550	423	482	393	372	341	372	360	330	312	255	143	189	94	110	213	193	180	209	227	195	212	250	296	272	230	228	238	268	269	162	193
Cilacap	**CP 6**	769	715	625	496	550	366	443	381	347	334	180	162	93	83	96	104	119	287	283	254	284	301	269	286	324	370	346	304	302	312	342	343	130	149
Narogong	**CP 7**	594	540	450	321	375	191	268	206	172	159	144	97	94	151	189	204	255	195	355	263	480	648	303	333	403	510	443	366	465	489	591	538	275	344
Lhok Nga	**CP 8**	90	110	316	349	363	361	477	445	392	377	330	346	371	356	376	396	416	302	463	438	478	483	468	478	499	519	514	483	534	539	683	553	442	452

4.1.3 Parameter pada Entitas *Packing Plant.*

Parameter ini mencakup data kapasitas produksi tahunan, biaya produksi satuan pengantongan, biaya tetap operasional dan biaya penutupan fasilitas apabila hasil optimasi merekomendasikan untuk menutup fasilitas tersebut. Data-data ini direpresentasikan pada Tabel 4.6 kecuali untuk data transportasi semen kantong dari *packing plant l* menuju *market m* ditunjukkan pada Tabel 4.7 halaman 57.

Tabel 4.5 Parameter kapasitas, biaya satuan produksi, biaya tetap operasional dan biaya tetap penutupan pada *packing plant* (PPs) (Rp. X 1.000).

Packing Plant			Kapasitas (Ton/ Tahun)	Biaya Satuan (Rp.)		
				Biaya Satuan (Bag)	Biaya Tetap Operasional	Biaya Tetap Penutupan
PP Malahayati	Aceh	PP 01	300.000	43	13.981.746	9.831.746
PP Lhoksumawe	Aceh	PP 02	300.000	43	13.689.656	9.539.656
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 03	600.000	41	24.684.632	16.884.632
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 04	300.000	43	14.243.612	9.393.612
PP Teluk Bayur	Sumatra Barat	PP 05	1.800.000	37	48.034.487	35.709.487
PP Bengkulu	Sumatra Barat	PP 06	300.000	45	16.580.326	11.730.326
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 07	300.000	43	14.473.835	10.123.835
PP Ciwandan	Banten	PP 08	300.000	43	14.462.679	9.612.679
PP Tanjung Priok	Jakarta Utara	PP 09	600.000	41	23.991.245	15.848.745
PP Ciwandan	Banten	PP 10	375.000	43	13.882.455	9.094.955
PP Banyuwangi	Jawa Timur	PP 11	300.000	42	18.012.846	14.112.846
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 12	300.000	43	12.452.232	8.152.232
PP Banjarmasin	Kalimantan Selatan	PP 13	300.000	43	15.134.022	10.734.022
PP Balikpapan	Kalimantan Timur	PP 14	600.000	41	16.154.234	12.104.234
PP Sorong	Papua Barat	PP 15	300.000	44	22.658.379	17.658.379
PP Celukan Bawang	Bali	PP 16	600.000	41	22.759.130	15.209.130
PP Makassar	Makassar	PP 17	600.000	41	24.419.576	16.669.576
PP Mamuju	Sulawesi Barat	PP 18	300.000	44	12.535.463	8.285.463
PP Biringkasi	Sulawesi Selatan	PP 19	1.500.000	38	40.633.371	31.208.371
PP Palu	Sulawesi Tengah	PP 20	600.000	41	24.465.621	16.620.121
PP Kendari	Sulawesi Tenggara	PP 21	300.000	44	13.896.137	9.996.137
PP Ambon	Maluku	PP 22	387.500	43	16.023.835	10.370.335
PP Bitung	Sulawesi Utara	PP 23	600.000	41	25.087.933	17.837.933
PP Maluku Utara	Maluku Utara	PP 24	300.000	44	13.601.522	9.101.522
PP Samarinda	Kalimantan Timur	PP 25	600.000	42	26.926.067	18.276.067
PP Lhoksumaue-HIL	Aceh	PP 26	180.000	46	7.258.317	4.818.317
PP Belawan-HIL	Sumatra Utara	PP 27	1.125.000	39	34.145.540	24.370.540
PP Dumai-HIL	Riau	PP 28	462.000	42	18.560.549	12.843.049
PP Batam-HIL	Kepulauan Riau	PP 29	204.600	45	9.652.942	6.947.942
PP Lampung-HIL	Sumatra Selatan	PP 30	540.000	41	17.174.951	14.412.451
PP Pontianak-HIL	Kalimantan Barat	PP 31	180.000	46	6.720.183	4.507.683

Tabel 4.6 Tabel Parameter Biaya Transportasi dari Grinding Plant *k* ke Market *m* (Rp. x 1.000).

C^T_{km} (Ribu Rp/Ton)		D.I. Aceh	Sumut	Sumbar	Riau	Kep. Riau	Bengkulu	Jambi	Sumsel	Bangka - Belitung	Lampung	Banten	D. K. I. Jakarta	Jabar	Jateng	D. I. Y.	Jatim	Bali	Kalbar	Kalteng	Kalsel	Kaltim	Kaltara	Sulsel	Sulbar	Sulteng	Gorontalo	Sulut	Sultera	Maluku	Maluku Utara	Papua Barat	Papua	N. T. B.	N. T. T.
		M 1	**M 2**	**M 3**	**M 4**	**M 5**	**M 6**	**M 7**	**M 8**	**M 9**	**M 10**	**M 11**	**M 12**	**M 13**	**M 14**	**M 15**	**M 16**	**M 17**	**M 18**	**M 19**	**M 20**	**M 21**	**M 22**	**M 23**	**M 24**	**M 25**	**M 26**	**M 27**	**M 28**	**M 29**	**M 30**	**M 31**	**M 32**	**M 33**	**M 34**
GP Dumai	**GP 1**	197	145	415	90	126	414	138	172	167	246	279	286	325	323	353	385	405	294	450	426	465	470	455	465	485	505	500	470	520	525	664	538	430	439
GP Kuala Indah	**GP 2**	129	88	415	98	132	376	332	315	311	283	268	281	301	289	305	322	338	245	376	355	389	393	380	389	405	421	417	393	434	438	555	449	359	367
GP Ciwandan	**GP 3**	330	322	183	261	269	159	166	114	141	118	88	116	159	199	209	249	261	289	333	317	367	317	358	374	358	415	399	407	448	399	466	450	275	344

Tabel 4.7 Tabel Parameter Biaya Transportasi dari Packing Plant *k* ke Market *m* (Rp. X 1.000) (*lanjutan tabel ini ditunjukkan pada tabel Lampiran G*)

C^T_{jm} (Ribu Rp/Ton)		D.I. Aceh	Sumut	Sumbar	Riau	Kep. Riau	Bengkulu	Jambi	Sumsel	Bangka - Belitung	Lampung	Banten	D. K. I. Jakarta	Jabar	Jateng	D. I. Y.	Jatim	Bali	Kalbar	Kalteng	Kalsel	Kaltim	Kaltara	Sulsel	Sulbar	Sulteng	Gorontalo	Sulut	Sultera	Maluku	Maluku Utara	Papua Barat	Papua	N. T. B.	N. T. T.
		M 1	**M 2**	**M 3**	**M 4**	**M 5**	**M 6**	**M 7**	**M 8**	**M 9**	**M 10**	**M 11**	**M 12**	**M 13**	**M 14**	**M 15**	**M 16**	**M 17**	**M 18**	**M 19**	**M 20**	**M 21**	**M 22**	**M 23**	**M 24**	**M 25**	**M 26**	**M 27**	**M 28**	**M 29**	**M 30**	**M 31**	**M 32**	**M 33**	**M 34**
PP Malahayati	**PP 1**	90	110	316	349	363	361	477	445	392	377	330	346	371	356	376	396	416	302	463	438	478	483	468	478	499	519	514	483	534	539	683	553	442	452
PP Lhoksumaue	**PP 2**	85	104	332	332	345	394	453	423	372	358	314	329	352	338	357	377	396	287	440	416	455	459	444	455	474	493	488	459	508	513	649	525	420	429
PP Belawan	**PP 3**	112	88	395	110	149	423	358	339	335	304	282	296	317	304	321	339	356	258	396	374	409	413	400	409	427	444	439	413	457	461	584	473	378	386
PP Batam	**PP 4**	199	159	298	154	121	435	165	254	144	267	271	278	298	286	302	319	335	243	372	352	385	389	376	385	401	417	413	389	430	434	549	444	355	363
PP Teluk Bayur	**PP 5**	326	257	90	286	304	108	92	270	239	155	170	187	234	293	307	366	384	425	490	467	539	467	527	550	527	610	587	599	659	587	685	662	457	480
PP Bengkulu	**PP 6**	358	283	99	309	323	81	101	120	208	144	158	174	218	272	286	340	357	395	456	434	502	434	490	512	490	568	546	557	613	546	637	616	425	447
PP Lampung	**PP 7**	377	339	159	253	261	145	153	104	130	83	126	138	189	237	249	296	311	343	397	378	436	378	426	445	426	494	475	485	533	475	554	536	370	389
PP Ciwandan_SP	**PP 8**	330	322	183	261	269	159	166	114	141	118	88	116	159	199	209	249	261	289	333	317	367	317	358	374	358	415	399	407	448	399	466	450	311	326
PP Tanjung Priok	**PP 9**	303	282	200	284	264	174	183	125	120	116	111	92	127	159	167	199	209	231	267	254	293	254	287	299	287	332	319	326	358	319	373	360	249	261
PP Ciwandan_SI	**PP 10**	327	319	182	258	266	157	165	113	140	117	88	115	158	197	207	246	259	286	330	314	363	314	355	370	355	411	395	403	444	395	461	445	308	323
PP Banyuwangi	**PP 11**	704	640	557	421	484	389	366	333	366	353	321	303	248	143	189	96	112	195	174	161	192	211	177	194	235	284	259	214	212	222	254	256	141	175
PP Pontianak	**PP 12**	302	272	438	204	153	411	177	168	118	302	260	219	219	226	237	197	207	102	114	131	135	142	224	235	270	251	271	235	317	364	528	518	262	276

4.1.4 Parameter pada Entitas *Market.*

Parameter yang terkait dengan *market* adalah volume target pemenuhan *demand* pada area *market* yang telah disesuaikan dengan target pangsa pasar (*market share*) di masing-masing wilayah pemsaran. Area *market* terbagi dalam tiga (3) region yang meliputi Region 1 meliputi pulau Sumatera, Region 2 meliputi pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara dan sebagian Kalimantan, serta Region 3 meliputi Sulawesi sebagian Kalimantan, Maluku dan Papua.

Tabel 4.8 Tabel data *demand* pada masing-masing zona *market*.

Demand		**Target *demand fullfilment (Ton)***	***Demand***		**Target *demand fullfilment (Ton)***
D.I. Aceh	M 1	1.184.649	Kalbar	M 18	526.280
Sumut	M 2	2.017.189	Kalteng	M 19	363.706
Sumbar	M 3	1.318.638	Kalsel	M 20	320.890
Riau	M 4	1.567.146	Kaltim	M 21	630.392
Kepulauan Riau	M 5	499.906	Kaltara	M 22	107.380
Bengkulu	M 6	370.127	Sulsel	M 23	1.823.403
Jambi	M 7	734.898	Sulbar	M 24	284.605
Sumsel	M 8	344.293	Sulteng	M 25	560.342
Bangka – Belitung	M 9	110.645	Gorontalo	M 26	99.039
Lampung	M 10	1.013.300	Sulut	M 27	325.745
Banten	M 11	1.350.086	Sultera	M 28	579.099
D. K. I. Jakarta	M 12	1.780.832	Maluku	M 29	228.411
Jabar	M 13	3.875.672	Maluku Utara	M 30	122.318
Jateng	M 14	5.328.631	Papua Barat	M 31	144.950
D. I. Y.	M 15	949.792	Papua	M 32	247.752
Jatim	M 16	7.474.216	N. T. B.	M 33	273.612
Bali	M 17	708.687	N. T. T.	M 34	518.171

4.1.5 Parameter *clinker factor.*

Parameter *clinker factor* (CF) yang digunakan pada perhitungan dalam makalah ini adalah *clinker factor* rata-rata tertimbang dari tipe-tipe produk yang diproduksi. Perhitungannya adalah nilai *clinker factor* dari tipe semen OPC sebesar 0,88 ton clinker / ton semen dengan porsi produksi sebesar 40% dan nilai *clinker factor* dari tipe semen PCC sebesar 0,65 ton clinker / ton semen dengan porsi produksi sebesar 60%. Berdasarkan data produksi tersebut diperoleh nilai CF diperoleh sebesar 0.74.

4.2 Finalisasi Model Jaringan Rantai Pasok Pasca Akuisisi

Model matematika yang telah dikembangkan pada sub bab 3.3 harus difinalisasi nilai-nilai indeksnya. Berdasarkan data-data di atas, maka indeks yang digunakan dalam model matematika jaringan rantai pasok pasca akuisisi adalah indeks *integrated cement plant j*=1-8, indeks *grinding plant k*=1-3, indeks *packing plant l*=1-31 dan indeks *market zone m*=1-34. Dengan demikian, model matematikanya adalah sebagai berikut:

Objective function:

$$\begin{aligned} Min \quad & \sum_{j=1}^{8} f_j^{\mathrm{CP}} + \sum_{k=1}^{3} f_k^{\mathrm{GP,e}}\, Y_k + \sum_{k=1}^{3} f_k^{\mathrm{GP,s}}\,(1-Y_k) + \sum_{l=1}^{31} f_l^{\mathrm{PP,e}}\, Y_l \\ & + \sum_{l=1}^{31} f_l^{\mathrm{PP,s}}\,(1-Y_l) + \sum_{j=1}^{8} C_j^{\mathrm{P,cmt_zak}} Q_{jm}^{\mathrm{CP}} + \sum_{j=1}^{8} C_j^{\mathrm{P,cli}} Q_{jk}^{\mathrm{CP}} \\ & + \sum_{j=1}^{8} C_j^{\mathrm{P,cmt_bulk}} Q_{jl}^{\mathrm{CP}} + \sum_{k=1}^{3} C_k^{\mathrm{P}}\, Q_{km}^{\mathrm{GP}} + \sum_{l=1}^{31} C_l^{\mathrm{P}} Q_{lm}^{\mathrm{PP}} + \sum_{j=1}^{8} C_{jm}^{\mathrm{T}}\, Q_{jm}^{\mathrm{CP}} \\ & + \sum_{j=1}^{8} C_{jk}^{\mathrm{T}}\, Q_{jk}^{\mathrm{CP}} + \sum_{j=1}^{8} C_{jl}^{\mathrm{T}}\, Q_{jl}^{\mathrm{CP}} + \sum_{k=1}^{3} C_{km}^{\mathrm{T}}\, Q_{km}^{\mathrm{GP}} + \sum_{l=1}^{31} C_{lm}^{\mathrm{T}} Q_{lm}^{\mathrm{PP}} \qquad (4.1) \end{aligned}$$

Subject to:

1. Batasan kapasitas fasilitas produksi *integrated cement plant.*

$$MinOps_j^{\mathrm{CP}} \le \sum_{m=1}^{34} Q_{jm}^{\mathrm{CP}} + \sum_{l=1}^{31} Q_{jl}^{\mathrm{CP}} + \sum_{k=1}^{3} \left(\frac{Q_{jk}^{\mathrm{CP}}}{CF}\right) \le Cap_j^{\mathrm{CP}}, \quad \forall j \qquad (4.2)$$

2. Batasan struktur jaringan fasilitas produksi *grinding plant.*

$$\sum_{j=1}^{8} \left(\frac{Q_{jk}^{\mathrm{CP}}}{CF}\right) \le Cap_k^{\mathrm{GP}}\, Y_k, \quad \forall k \qquad (4.3)$$

3. Batasan struktur jaringan fasilitas produksi *packing plant.*

$$\sum_{j=1}^{8} Q_{jl}^{\mathrm{CP}} \le Cap_l^{\mathrm{PP}}\, Y_l, \quad \forall l \qquad (4.4)$$

4. Batasan target pemenuhan permintaan (*targeted demand fullfilment*)

$$\sum_{j=1}^{8} Q_{jm}^{\mathrm{CP}} + \sum_{l=1}^{31} Q_{lm}^{\mathrm{PP}} + \sum_{k=1}^{3} Q_{km}^{\mathrm{GP}} \ge D_m, \quad \forall m \qquad (4.5)$$

5. Batasan sinkronisasi *grinding plant*

$$\sum_{j=1}^{8} \left(\frac{Q_{jk}^{\mathrm{CP}}}{CF}\right) = \sum_{m=1}^{34} Q_{km}^{\mathrm{GP}}, \quad \forall k \qquad (4.6)$$

6. Batasan sinkronisasi *packing plant*

$$\sum_{j=1}^{8} Q_{jl}^{\mathrm{CP}} = \sum_{m=1}^{34} Q_{lm}^{\mathrm{PP}}, \quad \forall l \qquad (4.7)$$

7. Batasan *nonnegativity* dan *integrality*

$$Q_{jm}^{\mathrm{CP}} \ge 0, \forall j,m; \quad Q_{jk}^{\mathrm{CP}} \ge 0, \forall j,k; \quad Q_{jl}^{\mathrm{CP}} \ge 0, \forall j,l;$$

$$Q_{km}^{\mathrm{GP}} \ge 0, \forall k,m; \quad Q_{lm}^{\mathrm{PP}} \ge 0, \forall l,m \qquad (4.8\text{-}4.12)$$

$$Y_k \in \{0,1\},\ \forall k \in K\ ; \quad Y_l \in \{0,1\},\ \forall l \in L \qquad (4.13\text{-}4.14)$$

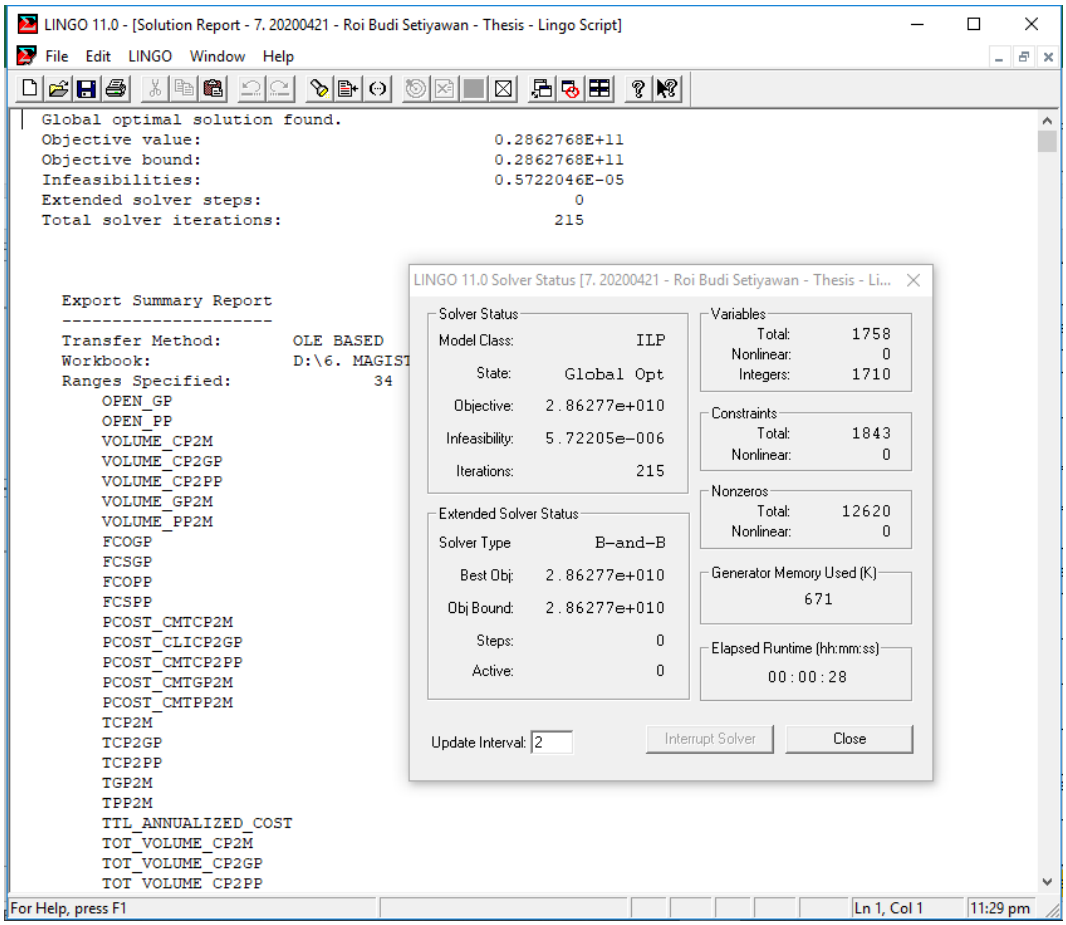
4.3 Implementasi Model

Model matematika jaringan rantai pasok di atas memiliki jumlah variabel yang sangat banyak (jumlah mencapai ribuan) sehingga tidak bisa digunakan *feature* Solver dalam Microsoft Office Excel kecuali harus diupgrade terlebih dahulu. Alternatif lain untuk mengimplementasikan model tersebut adalah dengan menggunakan *software* LINGO. Formulasi model dalam kerangka LINGO memiliki tiga bagian yaitu 1. set variabel dan parameter; 2. model matematika; 3. set data yang sesuai. Pada bagian set variable dan parameter ini kita mendefinisikan entitas fasilitas produksi yang meliputi *integrated cement plant*, *grinding plant* dan *packing plant*, entitas *market* serta hubungan antar fasilitas produksi dan hubungan antara fasilitas produksi dengan *market* sesuai representasi model jaringan yang dijelaskan pada Sub bab 3.3 pada Gambar 3.1. Masing-masing entitas ini memiliki atribut yang berupa nama parameter dan *decision variable* yang telah dijelaskan pada Sub bab 3.3. Bagian pertama ini adalah semua *script* yang terletak antara *command* SETS: dan ENDSETS. Bagian kedua yaitu model matematika yang terdiri atas *objective function* sesuai persamaan 4.1 beserta semua *constrain* pada persamaan 4.2 sampai dengan 4.14. Bagian ketiga yaitu set data yang berisikan seluruh data parameter sebagai *input* yang digunakan pada proses kalkulasi dan definisi variable *output* untuk menampung hasil kalkulasi. Bagian ketiga ini adalah semua script yang terletak di antara *command* DATA: dan ENDDATA. *Script* lengkap program LINGO yang telah dikembangkan dapat dilihat pada Lampiran B.

4.4 *Running* dan Verifikasi Model

Untuk menjalankan *script* di atas dapat dilakukan dengan menjalankan perintah pada menu LINGO→Solve atau dengan menekan Ctrl+U. Namun sebelumnya harus disiapkan kertas kerjanya terlebih dulu dalam *form excel* sebagai *interface* untuk pembacaan keseluruhan parameter yang telah dijelaskan pada sub bab 4.1 di atas dan juga untuk memasukkan hasil penyelesaian solusi optimal menggunakan perintah *Object Linking and Embedding* (@OLE). Semua *cell* dalam kertas kerja *excel* yang diaddress baik satu *cell* atau beberapa *cell* sesuai dengan

ukuran matrik datanya harus diberi nama yang sama sesuai dengan nama-nama variabel dalam *script* di atas menggunakan menu Formulas→Name Manager. Terdapat satu parameter lagi untuk menjalankan program tersebut yaitu $MinOps_j^{CP}$ yang menyatakan tingkat produksi semen minimum setahun di *integrated cement plant j* yang akan diset pada nilai 65% dari total kapasitas produksi setahun (Tabel 4.1 halaman 54). Hasil running model dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Konfigurasi Jaringan Rantai Pasok Semen di Semen Indonesia.

Proses verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa model yang telah dikembangkan dapat secara tepat merefleksikan permasalahan jaringan rantai pasok yang ada. Hal ini dilakukan dengan cara menganalisis apakah nilai hasil operasi antara parameter dengan nilai variabel yang berkorelasi yang merupakan hasil dari *running* model sudah memenuhi logika berfikir dan memenuhi semua batasan (*constraints*) yang telah ditetapkan di ataranya apakah hasil *running* mendapatkan

solusi optimum dari daerah *feasible*. Berdasarkan gambar 4.1 di atas, program yang dikembangkan dapat berjalan, tidak ditemukan kesalahan (*no error found*) dan hasil perhitungan menemukan satu nilai *feasible solution*. Hasil optimasi tersebut menunjukkan nilai *objective function* sebesar 28.627.677.645,6. Verifikasi berikutnya adalah dapat dilakukan analisa apakah permintaan (*demand*) di masing-masing *market zone* dapat dipenuhi, pengecekan alokasi material antar fasilitas produksi dan alokasi material dari fasilitas produksi menuju *market zone* dan semua persyaratan *nonnegativity* dipenuhi. Proses verifikasi akan dijelaskan pada sub bab berikut ini.

4.4.1 Verifikasi terhadap tujuan pemenuhan permintaan (*demand*)

Proses verifikasi selanjutnya dilakukan dengan cara melakukan pengecekan apakah jumlah permintaan (*demand*) di masing-masing *market zone* dapat dipenuhi, *demand* pada suatu market dipenuhi dari fasilitas mana saja (*production/distribution allocation*). Zona suatu *market* berdasarkan konfigurasi jaringan yang telah dijelaskan pada Sub bab 3.3 adalah memungkinkan untuk dipasok secara langsung dari fasilitas *integrated cement plant* atau dipasok dari fasilitas *grinding plant* dan atau dipasok dari fasilitas *packing plant*. Berdasarkan hasil *running* program, diperoleh hasil sebagai berikut:

a. *Demand* zona *market* M1 sebesar 1.184.649 ton dipenuhi dari CP8 secara langsung sebesar 1.184.649,0 ton.
b. *Demand* zona *market* M2 sebesar 2.017.189 ton dipenuhi dari CP8 sebesar 615.351,0 ton dan dari PP3 sebesar 276.838,0 ton serta dari PP27 sebesar 1.125.000,0 ton.
c. *Demand* zona *market* M3 sebesar 1.318.638 ton dipenuhi dari CP3 secara langsung sebesar 1.318.638,0 ton.
d. *Demand* zona *market* M4 sebesar 1.567.146 ton dipenuhi dari CP3 secara langsung sebesar 181.984,0 ton dan dari GP1 sebesar 600.000,0 ton serta dari dua (2) packing plant yaitu PP3 dan PP28 masing-masing sebesar 323.162,0 ton dan 462.000,0 ton.
e. Dan seterusnya dilakukan pengecekan terhadap pemenuhan *demand* pada semua zona *market* sampai dengan M34.

Data pengecekan pemenuhan kebutuhan demand di masing-masing zona *market* direpresentasikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Tabel verifikasi terhadap tujuan pemenuhan permintaan (*demand*)

Demand	**Target *demand fullfilment (Ton)***		***Checked***	***Demand***	**Target *demand fullfilment (Ton)***		***Checked***
D.I. Aceh	M 1	1.184.649	1.184.649,0	Kalbar	M 18	526.280	526.280,0
Sumut	M 2	2.017.189	2.017.189,0	Kalteng	M 19	363.706	363.706,0
Sumbar	M 3	1.318.638	1.318.638,0	Kalsel	M 20	320.890	320.890,0
Riau	M 4	1.567.146	1.567.146,0	Kaltim	M 21	630.392	630.392,0
Kepulauan Riau	M 5	499.906	499.906,0	Kaltara	M 22	107.380	107.380,0
Bengkulu	M 6	370.127	370.127,0	Sulsel	M 23	1.823.403	1.823.403,0
Jambi	M 7	734.898	734.898,0	Sulbar	M 24	284.605	284.605,0
Sumsel	M 8	344.293	344.293,0	Sulteng	M 25	560.342	560.342,0
Bangka – Belitung	M 9	110.645	110.645,0	Gorontalo	M 26	99.039	99.039,0
Lampung	M 10	1.013.300	1.013.300,0	Sulut	M 27	325.745	325.745,0
Banten	M 11	1.350.086	1.350.086,0	Sultera	M 28	579.099	579.099,0
D. K. I. Jakarta	M 12	1.780.832	1.780.832,0	Maluku	M 29	228.411	228.411,0
Jabar	M 13	3.875.672	3.875.672,0	Maluku Utara	M 30	122.318	122.318,0
Jateng	M 14	5.328.631	5.328.631,0	Papua Barat	M 31	144.950	144.950,0
D. I. Y.	M 15	949.792	949.792,0	Papua	M 32	247.752	247.752,0
Jatim	M 16	7.474.216	7.474.216,0	N. T. B.	M 33	273.612	273.612,0
Bali	M 17	708.687	708.687,0	N. T. T.	M 34	518.171	518.171,0

Dari hasil *running* program yang direpresentasikan pada Tabel 4.9 di atas dapat dilihat bahwa jumlah permintaan pada setiap zona *market* dapat dipenuhi.

4.4.2 Verifikasi jumlah minimum produksi di *Integrated Cement Plant*

Proses verifikasi selanjutnya dilakukan untuk mengecek pemenuhan terhadap batasan minimum produksi setahun pada masing-masing *integrated cement plant*. Hal ini dilakukan sesuai dengan asumsi dalam makalah ini bahwa keputusan penutupan hanya pada fasilitas *grinding plant* dan atau *packing plant* saja sedangkan untuk *integrated cement plant* tetap dioperasikan dengan target minimum produksi setahun mencapai suatu nilai tertentu, dalam makalah ini diasumsikan 65%. Berdasarkan hasil *running* program, diperoleh hasil sebagai berikut:

a. Jumlah produksi di CP1 mencapai 13.784.459,0 ton atau sebesar 93,8% dengan rincian jumlah produksi yang langsung dikirim menuju market sebesar

13.304.459,00 dan jumlah produksi semen curah yang dikirim menuju *packing plant* sebesar 480.000,00 ton.

b. Jumlah produksi di CP2 mencapai 1.950.000,00 ton atau sebesar 65,0% dimana jumlah produksi ini langsung dikirim menuju *market*.
c. Jumlah produksi di CP3 mencapai 6.110.000,0 ton atau sebesar 65,0% dengan rincian jumlah produksi yang langsung dikirim menuju *market* sebesar 1.848.766,00 ton, jumlah produksi *clinker* mencapai 444.000,00 ton dan jumlah produksi semen curah yang dikirim menuju *packing plant* sebesar 3.661.234,00 ton. Jumlah produksi clinker ini harus dikonversi terlebih dahulu untuk mencari volume *equal cement* dengan faktor *clinker factor* CF.
d. Dan seterusnya dilakukan pengecekan yang serupa pada semua CP sampai dengan CP8.

Data pengecekan pemenuhan terhadap batasan minimum produksi setahun pada masing-masing *integrated cement plant* direpresentasikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Tabel verifikasi pemenuhan jumlah minimum produksi di integrated cement plant.

Cement Plant		Vol. pengiriman semen bag ke Market (ton)	Vol. pengiriman clinker ke GP (ton)	Vol. pengiriman semen bulk ke PP (ton)	Verifikasi	
					Volume (ton)	% Utilisasi
Tuban	CP01	13.304.459,00	-	480.000,00	**13.784.459,0**	93,8%
Rembang	CP02	1.950.000,00	-	-	**1.950.000,0**	65,0%
Padang	CP03	1.848.766,00	444.000,00	3.661.234,00	**6.110.000,0**	65,0%
Tonasa	CP04	4.022.962,00	-	787.038,00	**4.810.000,0**	65,0%
Tuban LHI	CP05	2.340.000,00	-	-	**2.340.000,0**	65,0%
Cilacap	CP06	3.090.343,00	-	-	**3.090.343,0**	90,9%
Narogong	CP07	3.241.247,00	-	658.753,00	**3.900.000,0**	65,0%
Lhok Nga	CP08	1.800.000,00	-	-	**1.800.000,0**	100,0%
TOTAL		**31.597.777,0**	**444.000,0**	**5.587.025,0**	**37.784.802**	

Dari hasil *running* program yang direpresentasikan pada Tabel 4.10 di atas dapat dilihat bahwa jumlah produksi minimum setahun pada semua *integrated cement plant* memenuhi batasan yang telah ditentukan.

4.4.4 Verifikasi batasan struktur jaringan fasilitas produksi *grinding plant*.

Proses verifikasi ini dilakukan untuk mengecek pemenuhan terhadap batasan kapasitas produksi fasilitas *grinding plant* yaitu apabila fasilitas *grinding plant* dioperasikan maka jumlah produksinya tidak boleh melebihi batas maksimum kapasitas produksi. Data pengecekan pemenuhan terhadap batasan struktur jaringan fasilitas produksi *grinding plant* direpresentasikan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Tabel verifikasi batasan struktur jaringan fasilitas produksi grinding plant.

Grinding Plant		Kapasitas (Ton/ tahun)	Checked
GP Dumai	GP01	600.000	600.000
GP Kuala Indah	GP02	120.000	-
GP Ciwandan	GP03	540.000	-

Dari hasil *running* program yang direpresentasikan pada Tabel 4.11 di atas dapat dilihat bahwa fasilitas produksi *grinding plant* yang direkomendasikan untuk dioperasikan yaitu GP01 memberikan nilai variabel jumlah produksi tidak melebihi batasan kapasitas produksinya.

4.4.5 Verifikasi batasan struktur jaringan fasilitas produksi *packing plant*.

Hal serupa juga dilakukan proses verifikasi terhadap pemenuhan batasan kapasitas produksi fasilitas *packing plant* yaitu apabila fasilitas *packing plant* dioperasikan maka jumlah produksinya tidak boleh melebihi batas maksimum kapasitas produksi. Data hasil pengecekan pemenuhan terhadap batasan ini direpresentasikan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Tabel verifikasi batasan struktur jaringan fasilitas produksi packing plant.

Packing Plant			Kapasitas (Ton/ Tahun)	Checked
PP Malahayati	Aceh	PP 01	300.000	-
PP Lhoksumawe	Aceh	PP 02	300.000	-
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 03	600.000	600.000
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 04	300.000	-
PP Teluk Bayur	Sumatra Barat	PP 05	1.800.000	1.105.025
PP Bengkulu	Sumatra Barat	PP 06	300.000	-
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 07	300.000	-

Tabel 4.12, ***lanjutan***

Packing Plant			Kapasitas (Ton/Tahun)	Checked
PP Ciwandan	Banten	PP 08	300.000	300.000
PP Tanjung Priok	Jakarta Utara	PP 09	600.000	600.000
PP Ciwandan	Banten	PP 10	375.000	375.000
PP Banyuwangi	Jawa Timur	PP 11	300.000	-
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 12	300.000	300.000
PP Banjarmasin	Kalimantan Selatan	PP 13	300.000	-
PP Balikpapan	Kalimantan Timur	PP 14	300.000	-
PP Sorong	Papua Barat	PP 15	300.000	-
PP Celukan Bawang	Bali	PP 16	600.000	-
PP Makassar	Makassar	PP 17	600.000	-
PP Mamuju	Sulawesi Barat	PP 18	300.000	-
PP Biringkasi	Sulawesi Selatan	PP 19	1.500.000	-
PP Palu	Sulawesi Tengah	PP 20	600.000	-
PP Kendari	Sulawesi Tenggara	PP 21	300.000	-
PP Ambon	Maluku	PP 22	387.500	-
PP Bitung	Sulawesi Utara	PP 23	600.000	-
PP Maluku Utara	Maluku Utara	PP 24	300.000	-
PP Samarinda	Kalimantan Timur	PP 25	600.000	-
PP Lhoksumaue	Aceh	PP 26	180.000	-
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 27	1.125.000	1.125.000
PP Dumai	Riau	PP 28	462.000	462.000
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 29	204.600	-
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 30	540.000	540.000
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 31	180.000	180.000

Dari hasil *running* program yang direpresentasikan pada Tabel 4.12 di atas dapat dilihat bahwa semua fasilitas produksi *packing plant* yang direkomendasikan untuk dioperasikan memberikan nilai variabel jumlah produksi tidak melebihi batasan kapasitas produksinya yaitu ada yang 100% dari kapasitas maksimal dan ada yang di bawahnya.

4.4.6 Verifikasi terhadap batasan *nonnegativity* dan *integrality*.

Proses verifikasi juga dilakukan untuk mengecek pemenuhan terhadap batasan *nonnegativity* dan *integrality*. Batasan *nonnegativity* menyatakan bahwa secara logis jumlah material yang dikirim antar fasiltas produksi dan dari fasilitas produksi ke zona *market* adalah bilangan positif dan khusus untuk produk semen

bag dan curah harus *integer* kecuali jumlah *clinker* tidak harus *integer*. Hasil pengecekan terhadap *decision variabel* Q_{jm}^{CP}, Q_{jk}^{CP}, Q_{jl}^{CP}, Q_{km}^{GP} dan Q_{lm}^{PP} hasil *running* model menunjukkan keseluruhan nilainya memenuhi batasan *nonnegativity*. Batasan *integrality* menyatakan nilai satu (1) untuk fasilitas *grinding plant* dan atau *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan dan sebaliknya akan menyatakan nilai nol (0) apabila fasilitas tersebut direkomendasikan untuk ditutup dalam rangka memenuhi *objective function* dan seluruh *constraints* yang telah didefinisikan. Hasil pengecekan terhadap *decision variabel* Y_k dan Y_l menunjukkan pemenuhan terhadap batasan *integrality*. Hal ini juga berkorelasi dengan hasil verifikasi pada sub bab 4.4.4 dan 4.4.5 yang menyatakan bahwa apabila fasilitas-fasilitas tersebut dioperasikan maka tidak melebihi dari batasan kapasitas produksi fasilitas tersebut.

Berdasarkan keseluruhan proses verifikasi yang telah dijelaskan hasilnya pada sub bab 4.41 – 4.4.6 di atas diperoleh hasil bahwa hasil *running* program telah memenuhi kerangka berfikir logis dan memenuhi semua batasan yang telah ditentukan sehingga diperoleh kesimpulan bahwa model matematika jaringan rantai pasok yang diusulkan dan dikembangkan dalam makalah ini lolos dalam tahapan verifikasi model dan dapat digunakan untuk proses selanjutnya yaitu analisis data.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5
ANALISIS HASIL DAN DISKUSI

Analisis dalam desain jaringan rantai pasok pasca akuisisi ditekankan pada beberapa keputusan strategis agar diperoleh rekomendasi konfigurasi jaringan yang optimal. Sesuai dengan tujuan penelitian, beberapa keputusan strategis ini meliputi penentuan alokasi fasilitas produksi yang tepat dalam melayani suatu area *demand*, keputusan tetap perlu mengoperasikan atau menghentikan operasional suatu fasilitas *grinding plant* dan atau *packing plant*, penentuan jumlah *clinker* yang dikirim dari *integrated cement plant* menuju *grinding plant*, penentuan jumlah semen curah yang dikirim dari *integrated cement plant* menuju *packing plant* serta penentuan jumlah produksi semen di masing-masing fasilitas produksi sehingga diperoleh total *annualized cost* yang paling efisien dalam memenuhi permintaan pada seluruh area pemasaran di Indonesia. Analisis juga dikembangkan pada beberapa skenario yang merepresentasikan kemungkinan terjadinya peningkatan *demand* pada masa akan akan datang. Analisis sensitivitas juga dilakukan terhadap adanya kenungkinan kenaikan biaya produksi dan transportasi yang akan berdampak terhadap biaya total jaringan.

5.1 Analisis keputusan hasil optimasi

5.1.1 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *grinding plant*

Keputusan untuk tetap mengoperasikan atau menutup fasilitas merupakan keputusan strategis yang harus diambil terutama pada kondisi market yang *oversupply* karena kapasitas terpasang melebihi dari jumlah *demand* yang ada. Kondisi kedua perusahaan yang sebelumnya saling berkompetisi dengan beberapa fasilitas produksi yang berdekatan juga mendasari perlunya analisis apakah fasilitas-fasilitas tersebut tetap dioperasikan atau apakah bisa sebagian fasilitas produksi bisa dihentikan operasinya dengan tetap bisa memenuhi target *demand* yang ditentukan pada suatu zona *market*. Hasil optimasi terkait keputusan tetap mengoperasikan atau menutup fasilitas *grinding plant* direpresentasikan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k*

Variabel		Grinding Plant		
		GP 01	GP 02	GP 03
Keputusan mengoperasikan	Y_K	1	0	0
Keputusan menutup	$(1-Y_K)$	0	1	1

Berdasarkan Tabel 5.1 di atas disimpulkan bahwa rekomendasi hasil optimasi untuk tetap mengoperasikan GP01 dan menutup dua (2) *grinding plant* yaitu GP02 dan GP03. Volume *clinker* yang dikirim menuju GP01 berapa jumlahnya, dipasok dari *integrated cement plant* yang mana serta berapa produk semen bag yang diproduksi dan untuk mensuplai zona *market* yang mana akan dianalisis pada sub bab berikutnya mengenai *allocation*.

5.1.2 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *packing plant*

Hal yang serupa dengan fasilitas *grinding plant* juga mendasari perlunya dilakukan analisis pada fasilitas produksi *packing plant*. Hasil optimasi terkait keputusan tetap mengoperasikan atau menutup fasilitas *packing plant* direpresentasikan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*

Packing Plant			Variabel	
			Operasi (Y_l)	Tutup ($1-Y_l$)
PP Malahayati	Aceh	PP 01	0	1
PP Lhoksumawe	Aceh	PP 02	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 03	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 04	0	1
PP Teluk Bayur	Sumatra Barat	PP 05	1	0
PP Bengkulu	Sumatra Barat	PP 06	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 07	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 08	1	0
PP Tanjung Priok	Jakarta Utara	PP 09	1	0
PP Ciwandan	Banten	PP 10	1	0
PP Banyuwangi	Jawa Timur	PP 11	0	1
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 12	1	0
PP Banjarmasin	Kalimantan Selatan	PP 13	0	1
PP Balikpapan	Kalimantan Timur	PP 14	0	1
PP Sorong	Papua Barat	PP 15	0	1
PP Celukan Bawang	Bali	PP 16	0	1
PP Makassar	Makassar	PP 17	0	1
PP Mamuju	Sulawesi Barat	PP 18	0	1

Tabel 5.2 , ***lanjutan***

Packing Plant			Variabel	
			Operasi (Y_l)	**Tutup ($1-Y_l$)**
PP Biringkasi	Sulawesi Selatan	PP 19	0	1
PP Palu	Sulawesi Tengah	PP 20	0	1
PP Kendari	Sulawesi Tenggara	PP 21	0	1
PP Ambon	Maluku	PP 22	0	1
PP Bitung	Sulawesi Utara	PP 23	0	1
PP Maluku Utara	Maluku Utara	PP 24	0	1
PP Samarinda	Kalimantan Timur	PP 25	0	1
PP Lhoksumaue	Aceh	PP 26	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 27	1	0
PP Dumai	Riau	PP 28	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 29	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 30	1	0
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 31	1	0

Berdasarkan Tabel 5.2 di atas disimpulkan bahwa rekomendasi hasil optimasi untuk tetap mengoperasikan sepuluh (10) fasilitas *packing plant* yaitu PP03, PP05, PP08, PP09, PP10, PP12, PP27, PP28, PP30 dan PP31 dan sisanya sebanyak 21 unit *packing plant* direkomendasikan untuk ditutup. Volume semen curah yang dikirim menuju 10 packing plant yang tetap dioperasikan, berapa jumlahnya, dipasok dari *integrated cement plant* yang mana serta berapa produk semen bag yang diproduksi dan untuk mensuplai zona *market* yang mana akan dianalisis pada sub bab berikutnya mengenai *allocation*.

5.1.3 Keputusan alokasi antar fasilitas dan dari fasilitas menuju market

Keputusan alokasi memberikan dua informasi yaitu informasi mengenai kombinasi *point of supply* dan *point of destination* serta informasi dimensi volume. Alokasi antar fasilitas akan berkorelasi dengan keputusan pada sub bab 5.1.1 dan 5.1.2 di atas yaitu apabila fasilitas *grinding plant* dan *packing plant* diputuskan untuk dioperasikan maka material *clinker* dan semen curahnya dikirim dari fasilitas *integrated cement plant* yang mana dan berapa besar volumenya atau jumlah tonasenya. Begitu juga dengan alokasi dari fasilitas produksi menuju market akan memberikan informasi mengenai penugasan dari suatu fasilitas produksi yang akan memenuhi *demand* di suatu zona *market* tertentu beserta berapa besar volumenya.

a. Alokasi material *clinker* dari *integrated cement plant* menuju *grinding plant*.

Hasil optimasi sesuai sub bab 5.1.1 menunjukkan bahwa *grinding plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan adalah GP01. Alokasi material *clinker* yang dikirim menuju GP01 dipasok dari fasilitas *integrated cement plant* CP03 dengan volume sebesar 444.000 ton seperti yang direpresentasikan pada Tabel 5.3 di bawah ini (Q_{jk}^{CP}). Volume *clinker* ini nantinya diolah di *grinding plant* menjadi produk semen dengan *clinker factor* tertimbang (CF) 0,74 (sub bab 4.1.5) akan menghasilkan semen sebesar 600.000 ton yang akan berkorelasi pada Tabel 5.7 yaitu jumlah semen yang dikirim dari grinding plant menuju zona *market*.

Tabel 5.3 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k*.

	Jumlah Clinker dari Cement Plant j ke Grinding Plant k (Ton x 10.000)			Sub total
	GP1	GP2	GP3	
CP01	-	-	-	-
CP02	-	-	-	-
CP03	44,4	-	-	44,4
CP04	-	-	-	-
CP05	-	-	-	-
CP06	-	-	-	-
CP07	-	-	-	-
CP08	-	-	-	-
∑	44,4	-	-	44,4

b. Alokasi produk semen dari *integrated cement plant* menuju *market.*

Berdasarkan hasil analisis dalam proses verifikasi di sub bab 4.4.3 bahwa persyaratan jumlah produksi di masing-masing *integrated cement plant* telah memenuhi batasan jumlah minimum produksi dalam setahun. Total volume yang diproduksi di masing-masing *integrated cement plant* tersebut bisa berupa semen yang langsung akan dikirim ke *market*, semen curah yang akan dikirim ke *packing plant* dan *clinker* yang akan dikirim ke *grinding plant*. Alokasi semen dari *integrated cement plant* yang dikirim secara langsung menuju *market* direpresentasikan pada Tabel 5.5.

Data tersebut dapat direpresentasikan persentase jumlah produk yang langsung dikirim menuju *market* terhadap total jumlah produksi (bukan kapasitas produksi) pada masing-masing *integrated cement plant* (Tabel 5.4). Hasilnya

adalah dari data tersebut dapat diketahui bahwa ada empat (4) *integrated cement plant* yang 100% keseluruhan jumlah produksinya secara langsung dikirim menuju market yaitu CP02, CP05, CP06 dan CP08. Hanya CP03 yang paling sedikit proporsi produknya yang dikirim langsung ke market yaitu sebesar 30,3%, namun hanya dari CP03 inilah yang mengirimkan produk *clinker* ke fasilitas *grinding plant* yaitu ke GP01 yang berkorelasi pada Tabel 5.3 di atas. Untuk CP01, CP04, CP07 masing-masing proporsi produk yang dikirim langsung ke market sebanyak 96,5%, 83,6%, 83,1% dan sisa produknya dialokasikan untuk dikirim ke fasilitas *packing plant* (alokasi ke dari CP ke PP akan ditunjukkan pada tabel berikutnya).

Tabel 5.4 Persentase produk integrated cement plant yang langsung dikirim menuju market.

Cement Plant	Pengiriman sement langsung market (ton) (a)	Pengiriman clinker ke GP (ton) (b)	Pengiriman semen bulk ke PP (ton) (c)	Sub Total (ton) (d)=(a)+(b)+(c)	% Utilisasi	% Pengiriman produksi langsung market (e) =(d/a)
CP01	13.304.459	-	480.000	**13.784.459**	93,8%	**96,5%**
CP02	1.950.000	-	-	**1.950.000**	65%	**100%**
CP03	1.848.766	444.000	3.661.234	**6.110.000**	65%	**30,3%**
CP04	4.022.962	-	787.038	**4.810.000**	65%	**83,6%**
CP05	2.340.000	-	-	**2.340.000**	65%	**100%**
CP06	3.090.343	-	-	**3.090.343**	90,9%	**100%**
CP07	3.241.247	-	658.753	**3.900.000**	65%	**83,1%**
CP08	1.800.000	-	-	**1.800.000**	100%	**100%**
TOTAL	**31.597.777**	**444.000**	**5.587.025**	**37.784.802**		

c. Alokasi semen curah dari *integrated cement plant* menuju *packing plant.*

Alokasi semen curah dari *integrated cement plant* menuju *packing plant* ini berkorelasi terhadap keputusan untuk tetap mengoperasikan atau menutup fasilitas *packing plant* sesuai hasil optimasi pada sub bab 5.1.2 yang hasilnya direpresentasikan pada Tabel 5.2 di atas. Berdasarkan hasil optimasi bahwa jumlah *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak sepuluh (10) fasilitas yaitu PP03, PP05, PP08, PP09, PP10, PP12, PP27, PP28, PP30 dan PP31. Data *point of supply* berasal dari fasilitas *integrated cement plant* yang mana, berapa volume semen curah yang kirim dan melayani *point of destination packing plant* yang mana direpresentasikan pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	338	95	513	71	53	36	32	63	11	-	-	-	-	-	-	-	-	14	25	27	52	**1.330**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**195**
CP03	-	-	132	18	2	-	-	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**185**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	182	28	56	10	33	58	23	12	-	-	-	-	**402**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**234**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	309	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**309**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	68	178	79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**324**
CP08	118	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**180**
∑	**118**	**62**	**132**	**18**	**2**	**-**	**-**	**-**	**-**	**33**	**68**	**178**	**388**	**533**	**95**	**747**	**71**	**53**	**36**	**32**	**63**	**11**	**182**	**28**	**56**	**10**	**33**	**58**	**23**	**12**	**14**	**25**	**27**	**52**	**3.160**

Tabel 5.6 Jumlah semen bulk yang dikirim cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000).

Q_{jl}^{CP} (Ton)	Packing Plant																															Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,0	**48,0**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP03	-	-	60,0	-	110,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112,5	46,2	-	36,9	-	**366,1**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	30,0	11,2	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**78,7**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	48,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17,1	-	**65,9**
CP08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**60,0**	**-**	**110,5**	**-**	**-**	**30,0**	**60,0**	**37,5**	**-**	**30,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**112,5**	**46,2**	**-**	**54,0**	**18,0**	**558,7**

Hasil tersebut di atas mengindikasikan bahwa satu (1) fasilitas *integrated cement plant* bisa melayani beberapa packing plant yang dioperasikan, dalam hal ini bisa dilihat bahwa CP03 melayani lima (5) *packing plant*. Hal ini juga berkorelasi dengan Tabel 5.4 di atas bahwa CP03 memang paling sedikit mengalokasikan produknya yang langsung menuju *market*. Kemudian hasil optimasi tersebut juga menunjukkan bahwa satu (1) *packing plant* yang dioperasikan ini juga direkomendasikan dipasok lebih dari satu (1) *integrated cement plant* yaitu seperti pada PP09 yang direkomendasikan dipasok sebesar 112.038 ton dari CP04 dan sebesar 487.962 dari CP07. Begitu juga untuk PP30 dipasok sebesar 369.209 ton dari CP03 dan sebesar 171.791 ton dari CP07.

d. Alokasi semen dari *grinding plant* menuju *market*..

Alokasi semen dari *grinding plant* menuju *market* (Q_{km}^{GP}) hasil optimasi direpresentasikan pada Tabel 5.7 di bawah ini. Berdasarkan hasil optimasi bahwa *grinding plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan hanya satu (1) fasilitas yaitu GP01 (Tabel 5.1) yang mana GP01 ini dipasok dari CP03 (Tabel 5.3) sebesar 440.000 *clinker* setara dengan semen sebesar 600.000 akan melayani zona market M4 sebesar keseluruahan produknya yaitu 600.000 ton. Sebenarnya *demand* pada zona market M4 sebesar 1.567.146 ton, yang mana sebesar 600.000 ton dipasok dari GP01 dan sisanya dipasok dari fasilitas CP03 sebesar 181.984 ton (Tabel 5.5), dari PP03 sebesar 323.162 ton dan PP28 sebesar 462.000 ton (alokasi semen dari fasilitas packing plant menuju market direpresentasikan pada Tabel 5.8). Untuk GP02 dan GP03 diputuskan tidak dioperasikan sehingga tidak ada material clinker yang dikirim dari integrated cement plant (Tabel 5.3) dan tidak pula melayani market manapun (Tabel 5.7).

e. Alokasi semen dari *packing plant* menuju *market*..

Alokasi semen dari *packing plant* menuju *market* (Q_{lm}^{PP}) berkorelasi sebelumnya pada keputusan untuk tetap mengoperasikan atau menutup fasilitas *packing plant*. Berdasarkan hasil optimasi yang direpresentasikan pada Tabel 5.2 di atas diperoleh bahwa direkomendasikan untuk tetap mengoperasikan sepuluh (10) fasilitas *packing plant* yaitu PP03, PP05, PP08, PP09, PP10, PP12, PP27, PP28, PP30 dan PP31. Masing-masing *packing plant* tersebut dipasok dari *integrated cement plant* sesuai penjelasan pada sub bab 5.1.3 poin c pada Tabel 5.6 di atas. Berkaitan

dengan hal tersebut, alokasi dari kesepuluh *packing plant* ini dalam memasok zona market direpresentasikan pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Berdasarkan hasil optimasi tersebut dapat dilihat bahwa satu (1) fasilitas packing plant dapat melayani beberapa zona *market* seperti pada PP03 yang memproduksi sebesar 600.000 ton semen untuk melayani zona market M2 sebesar 276.838 ton dan zona market M4 sebesar 323.162 ton. Jumlah produksi di PP03 sebesar 600.000 ton ini juga memberikan informasi bahwa utilisasi pada PP03 sebesar 100% dari kapasitas produksi tahunan (Tabel 4.5 Parameter kapasitas pada packing plant). *Packing plant* lain yang diputuskan beroperasi dan yang melayani lebih dari satu (1) zona *market* adalah PP05 dan PP09 yang masing-masing melayani 2 dan 3 zona *market* berbeda dan sisanya yang hanya melayani satu (1) zona market adalah PP08, PP10, PP12, PP27, PP28, PP30 dan PP31.

Begitu pula dalam satu (1) zona *market* dapat dipasok dari beberapa fasilitas *packing plant*. Sebagai contoh adalah pada zona *market* M2 yang dipasok oleh PP03 sebesar 276.838 ton dan dari PP27 sebesar 1.125.000 ton. Sebenarnya total *demand* pada zona *market* sebesar 2.017.189 ton yang mana sebesar total 1.401.838 ton dari dua (2) *packing plant* dan sisanya sebesar 615.351 ton dipasok dari *integrated cement plant* CP08 (Tabel 5.5). Zona *market* lain yang dipasok oleh lebih dari satu (1) fasilitas *packing plant* yaitu zona *market* M4, M5, M10 dan M11. Zona *market* M4 dipasok oleh PP03 sebesar 323.162 ton dan PP28 sebesar 462.000 ton. Zona *market* M5 dipasok oleh PP12 sebesar 300.000 ton dan PP31 sebesar 180.000 ton. Zona *market* M10 dipasok oleh PP09 sebesar 145.062 ton dan PP30 sebesar 540.000 ton. Zona *market* M11 dipasok oleh PP08 sebesar 300.000 ton dan PP10 sebesar 375.000 ton. Zona *market* yang hanya dilayani oleh satu (1) *packing plant* adalah zona *market* yaitu M6, M7, M8 dan M9.

Dengan demikian diperoleh hasil optimasi bahwa dari total kapasitas seluruh fasilitas produksi *integrated cement plant* yang dimiliki oleh perusahaan pasca akuisisi sebesar 49.300.000 ton (Kapasitas integrated cement plant pada Tabel 4.1) memasok *demand* sebesar 37.784.802 ton sehingga tingkat utilisasi sebesar 76,6%. Jumlah *grinding plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak satu (1) unit yaitu GP01 dan dua (2) unit lainnya direkomendasikan untuk diberhentikan operasinya. Jumlah *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak sepuluh (10) unit yaitu PP03, PP05, PP08, PP09, PP10, PP12, PP27, PP28, PP30 dan PP31.

Tabel 5.7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plant (GPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																	Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
GP01	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60**
GP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GP03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
∑	**-**	**-**	**-**	**60**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**60**

Tabel 5.8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																										Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	…	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
PP 01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 03	-	27,7	-	32,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 05	-	-	-	-	-	37,0	73,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**110,5**
PP 06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 09	-	-	-	-	-	-	-	34,4	11,1	14,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**37,5**
PP 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 12	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 27	-	112,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**112,5**
PP 28	-	-	-	46,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**46,2**
PP 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**54,0**
PP 31	-	-	-	-	18,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**18,0**
∑	**-**	**140,2**	**-**	**78,5**	**48,0**	**37,0**	**73,5**	**34,4**	**11,1**	**68,5**	**67,5**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**558,7**

Jumlah semen dari fasilitas *integrated cement plant* yang langsung dikirim menuju *market* sebanyak 31.597.777 ton, jumlah *clinker* yang dikirim dari *integrated cement plant* menuju *grinding plant* sebanyak 444.000 ton, jumlah semen curah yang dikirim dari *integrated cement plant* menuju *packing plant* sebanyak 5.587.025 ton, jumlah semen yang dikirim dari *grinding plant* menuju *market* sebanyak 600.000 ton dan jumlah semen yang dikirim dari *packing plant* menuju *market* sebanyak 5.587.025 ton (sebesar jumlah semen curah yang masuk menuju packing plant). Jumlah material yang masuk dan yang keluar di fasilitas *grinding plant* dan *packing plant* ini memenuhi batasan sinkronisasi (*constrain* 4.6 dan 4.7). Berdasarkan hal tersebut di atas diperoleh biaya total setahun jaringan rantai pasok dalam memasok total demand sebesar Rp 28.627.677.645.600. Ringkasan hasil optimasi jaringan rantai pasok pasca akuisisi direpresentasikan pada Tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5.9 Ringkasan hasil optimasi jaringan rantai pasok pasca akuisisi (Rp x 1.000)

Dekripsi	Jumlah
A Ditentukan:	
Clinker Factor (CF)	0,74
B Parameter:	
Total kapasitas cement plant	49.300.000
Total targeted demand	37.784.802
C Variabel Keputusan:	
Jumlah GPs yang Dibuka	1
Jumlah GPs yang Ditutup	2
Jumlah PPs yang Dibuka	10
Jumlah PPs yang Ditutup	21
Vol. semen dikirim dari CP ke market	31.597.777,0
Vol. clinker dikirim dari CP ke GP	444.000,0
Vol. semen bulk dikirim dari CP ke PP	5.587.025,0
Vol. semen dikirim dari GP ke market	600.000,0
Vol. semen dikirim dari PP to market	5.587.025,0
Total demand fulfilment	37.784.802
% Cement plant utilisasi	76,6%

Description	Amount
D Min. Total Cost (Rp)	28.627.677.645,6
1 Biaya Infrastructure (Rp)	
Establish CP	7.096.424.502,6
Establish GP	96.682.532,5
Shutdown GP	84.356.285,8
Establish PP	214.108.954,8
Shutdown PP	270.569.570,4
2 Biaya Production (Rp)	
Semen bag	13.461.989.992,5
Clinker	198.125.973,3
Semen bulk	2.130.092.155,3
Semen dari GPs	56.880.000,0
Semen dari PPs	225.486.195,0
3 Biaya Transportasion (Rp)	
Cement plant ke market	3.511.286.964,1
Cement plant ke GP	79.253.647,0
Cement plant ke PP	589.705.729,6
Grinding plant ke market	53.975.400,0
Packing plant ke market	558.739.742,7

5.2 Perbandingan terhadap pola operasional masing-masing.

Untuk melihat seberapa besar dampak integrasi jaringan rantai pasok pasca akuisisi atas potensi *saving* yang diperoleh oleh perusahaan (*holding company*) dalam melayani *demand* maka total *cost* hasil optimasi jaringan rantai pasok pasca akuisisi akan dibandingkan dengan jumlah total *cost* apabila pola operasional masing-masing perusahaan adalah *independent*. Besarnya total *cost* ini dapat dihitung dengan menghitung total biaya yang meliputi biaya tetap, biaya produksi

dan biaya transportasi dalam memenuhi *demand* pada masing-masing perusahaan. Realisasi total *cost* ini bisa secara langsung diperoleh dari masing-masing perusahaan. Namun saat ini penulis belum mendapatkan data-data ini sehingga alternatif lain yang diusulkan penulis adalah dengan menghitung total *cost* hasil optimasi jaringan rantai pasok sesuai dengan jumlah *demand* pada masing-masing perusahaan. Usulan penulis ini berdasarkan pemikiran bahwa hasil optimasi ini adalah nilai optimal dari fungsi tujuan meminimasi biaya total dengan batasan pemenuhan *demand*, batasan kapasitas produksi dan batasan-batasan lain yang telah dijelaskan pada Sub bab 3.3 dan 4.2. Setiap keputusan operasional (Jumlah produksi, fasilitas *intermediary* yang dioperasikan dan alokasi) yang berbeda dari rekomendasi hasil optimasi maka nilai total *cost* akan semakin naik (bergerak menjauh dari titik optimal atau nilai optimal) atau dengan kata lain semakin tidak efisien. Dengan demikian, jumlah total *cost* hasil optimasi jaringan rantai pasok pada masing-masing perusahaan dibandingkan dengan total *cost* hasil optimasi jaringan rantai pasok terintegrasi adalah nilai optimal potensi *saving*. Seperti yang dijelaskan pada kalimat sebelumnya, apabila masing-masing perusahaan beroperasional secara *independent* (tidak sinergi) dan keputusan operasional berbeda dengan rekomendasi hasil optimasi maka nilai potensi saving ini akan membesar atau dengan kata lain menunjukkan operasional rantai pasok semakin tidak efisien.

Analisa perbandingan jaringan rantai pasok yang terintegrasi terhadap pola operasional *independent* untuk mengetahui potensi *total cost saving* menggunakan data yang sama dalam parameter-parameter seperti yang telah disampaikan pada Sub bab 4.1, kecuali untuk data *demand* menggunakan data *demand* pada masing-masing perusahaan. Parameter yang dimaksud adalah data kapasitas produksi tahunan, *clinker factor*, biaya tetap operasional tahunan, biaya produksi satuan untuk *clinker*, semen curah dan semen *bag* serta biaya transportasi. Model matematika yang digunakan merefer pada model matematika yang telah dijelaskan pada Sub bab 4.2 dengan nilai indeks yang digunakan menyesuaikan dengan kondisi masing-masing perusahaan. Implementasi model jaringan rantai pasok ke dalam program LINGO juga menggunakan *script* yang merefer pada Sub bab 4.3 dengan sedikit modifikasi pada bagian inisiasi set variabel dan parameter yang

menyesuikan dengan indeks masing-masing perusahaan. Kertas kerja juga dibuatkan pada file tersendiri karena ukuran matrik datanya berbeda dengan saat kondisi jaringan rantai pasok terintegrasi.

5.2.1 Optimasi jaringan rantai pasok perusahaan yang diakuisisi

Perusahaan yang diakuisisi memiliki kapasitas *integrated cement plant* sebesar 14.800.000 ton semen per tahun dengan lokasi fasilitas produksi terbesar di Pulau Jawa (sebesar 87,8%) dan sisanya ada di ujung utara Pulau Sumatera. Sebagai referensi data histori, realisasi penjualan perusahaan ini tahun 2019 untuk semen bag mencapai 6.781.202 ton dan semen curah mencapai 1.696.090 ton dengan total penjualan sebesar 8.477.292 ton atau sebesar 57,28% dari total kapasitas *integrated cement plant*. *Demand* terbesar perusahaan ini ada di Jawa yaitu sekitar 64,4%, kemudian sebesar 31,08% ada di Sumatera dan sisanya tersebar dalam volume relatif lebih kecil di Kalimantan, Bali dan Indonesia bagian timur lainnya. Sebaran *demand* ditunjukkan pada Tabel 5.10 dengan total *demand* sebesar 8.785.285 ton atau sebesar 23,25% dibandingkan dengan total *demand* pasca akuisisi (Tabel 4.8).

Tabel 5.10 Tabel permintaan (*demand*) perusahaan yang diakuisisi

Demand		**Target *demand* *fullfilment (Ton)***	***Demand***		**Target *demand* *fullfilment (Ton)***
D.I. Aceh	M 1	734.056	Kalbar	M 18	174.367
Sumut	M 2	849.121	Kalteng	M 19	4.794
Sumbar	M 3	-	Kalsel	M 20	-
Riau	M 4	143.284	Kaltim	M 21	39.831
Kepulauan Riau	M 5	170.112	Kaltara	M 22	3.413
Bengkulu	M 6	71.553	Sulsel	M 23	12.681
Jambi	M 7	9.740	Sulbar	M 24	-
Sumsel	M 8	130.620	Sulteng	M 25	14.139
Bangka – Belitung	M 9	64.886	Gorontalo	M 26	-
Lampung	M 10	557.446	Sulut	M 27	1.306
Banten	M 11	305.036	Sultera	M 28	-
D. K. I. Jakarta	M 12	183.514	Maluku	M 29	-
Jabar	M 13	2.307.938	Maluku Utara	M 30	-
Jateng	M 14	1.335.091	Papua Barat	M 31	-
D. I. Y.	M 15	339.589	Papua	M 32	-
Jatim	M 16	1.187.606	N. T. B.	M 33	14.408
Bali	M 17	130.754	N. T. T.	M 34	-

Hasil optimasi dari jaringan rantai pasok perusahaan ini ditunjukkan pada Lampiran C pada Tabel C.1 – C.6 mengenai jumlah produksi pada masing-masing fasilitas produksi yang direkomendasikan untuk dioperasikan dan alokasi material antar fasilitas produksi dan alokasi dari fasilitas produksi menuju zona *market*. Berdasarkan hasil optimasi tersebut dapat dilihat bahwa semua *demand* pada setiap zona market dapat dipenuhi. *Demand* pada zona *market* M1 (Daerah Istimewa Aceh) sebesar 734.056 ton dipasok sepenuhnya secara langsung dari fasilitas *integrated cement plant* CP08 (Lhok Nga) (Tabel C.4). *Demand* pada zona *market* M2 (Sumatra Utara) sebesar 849.121 ton dipasok sepenuhnya melalui *intermediary facility* yaitu dari fasilitas packing plant PP27 (PP Belawan-HIL) (Tabel C.6). PP27 ini mendapat pasokan cemen curah dari CP08 (Lhok Nga) sebesar 1.065.944 ton (Tabel C.3) yang mana sebesar 849.121 ton ini untuk memenuhi zona market M2 (Sumatra Utara) dan sisanya sebesar 143.284 ton untuk memenuhi zona market M4 (Riau) serta sebesar 73.539 ton untuk memasok M5 (Kepulauan Riau). *Demand* di zona *market* M5 ini sebenarnya sebesar 170.112 ton yang mana sisa sebesar 96.573 ton dipasok dari PP31 (PP Pontianak-HIL) (Tabel C.6). Begitu juga *demand* pada zona *market* lain dapat dipenuhi atau dipasok dari fasilitas produksi yang lain dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4-C.6.

Perusahaan ini dalam memenuhi *demand* direkomendasikan untuk mengoperasikan empat (4) fasilitas *integrated cemen plant* dimana hanya dua (2) fasilitas saja yang diutilisasi sebesar 100% yaitu CP06 dan CP08 dan dua (2) sisanya hanya sebesar 36,5% dan 38,7% (Tabel C.2). *Intermediary facility packing plant* yang direkomendasikan untuk dioperasikan sebanyak tiga (3) unit yaitu PP27, PP30 dan PP31 dengan tingkat utilisasi masing-masing 94,8%, 100% dan 100%. Tiga (3) unit *packing plant* yang lain yaitu PP26, PP28 dan PP29 direkomendasikan untuk tidak dioperasikan. Fasilitas *grinding plant* GP02 dan GP03 masing-masing direkomendasikan untuk tidak dioperasikan. Hal ini dapat dilihat bahwa tidak ada alokasi material *clinker* dari fasilitas produksi *integrated cemen plant* menuju *grinding plant* (Tabel C.1) dan juga tidak ada alokasi produk semen dari fasilitas *grinding plant* menuju *market* (Tabel C.5). Ringkasan hasil optimasi pada jaringan rantai pasok perusahaan yang diakuisi apabila beroperasi secara *independent* direpresentasikan pada Tabel 5.11 di bawah ini. Berdasarkan tabel tersebut dapat

diketahui bahwa total *cost* dalam memenuhi *demand* adalah sebesar Rp 7.211.011.635,5 (dalam ribuan). Tingkat utilisasi total kapasitas *integrated cement plant* adalah sebesar 59,4%.

Tabel 5.11 Ringkasan hasil optimasi pada jaringan rantai pasok perusahaan yang diakuisi (Rp x 1.000).

	Deskripsi	Jumlah
A	Ditentukan:	
	Clinker Factor (CF)	0,74
B	Parameter:	
	Total kapasitas cement plant	14.800.000
	Total targeted demand	8.785.285
C	Variabel Keputusan:	
	Jumlah GPs yang Dibuka	-
	Jumlah GPs yang Ditutup	2
	Jumlah PPs yang Dibuka	3
	Jumlah PPs yang Ditutup	3
	Vol. semen dikirim dari CP ke market	6.999.341,0
	Vol. clinker dikirim dari CP ke GP	-
	Vol. semen bulk dikirim dari CP ke PP	1.785.944,0
	Vol. semen dikirim dari GP ke market	-
	Vol. semen dikirim dari PP to market	1.785.944,0
	Total demand fulfilment	8.785.285
	% Cement plant utilisasi	59,4%

	Deskripsi	Jumlah
D	Min. Total Cost (Rp)	7.211.001.653,5
1	Biaya Infrastructure (Rp)	
	Establish CP	1.972.567.477,6
	Establish GP	-
	Shutdown GP	84.356.285,8
	Establish PP	58.040.674,6
	Shutdown PP	24.609.308,3
2	Biaya Production (Rp)	
	Semen bag	3.292.645.351,4
	Clinker	-
	Semen bulk	697.640.328,0
	Semen dari GPs	-
	Semen dari PPs	72.248.653,8
3	Biaya Transportasion (Rp)	
	Cement plant ke market	700.203.029,3
	Cement plant ke GP	-
	Cement plant ke PP	135.616.017,5
	Grinding plant ke market	-
	Packing plant ke market	173.074.527,2

Tingkat utilisasi perusahaan yang diakuisi ketika beroperasi secara *independent* adalah sebesar 59,4% dengan tingkat utilisasi masing-masing *Integrated Cement Plant* CP05 (Tuban LHI), CP06 (Cilacap), CP07 (Narogong) dan CP08 (Lhok Nga) berturut-turut adalah 38,7%, 100,0%, 36,5% dan 100,0% (Lampiran C Tabel C.2). Apabila tingkat utilisasi perusahaan yang diakuisisi ini ketika beroperasi secara *independent* dibandingkan dengan ketika beroperasi secara sinergi dengan perusahaan holding maka fasilitas *integrated cement plant* perusahaan yang diakuisi ini mengalami peningkatan tingkat utilisasi menjadi 75,2% (naik 15,8%) yaitu dari hasil produksi total dari ke-4 cement plant sebesar 11.130.343 ton (Tabel 5.12) dibagi dengan total kapasitas ke-4 cement plant yang dimiliki (CP05-CP08) sebesar 14.800.000 ton (Tabel 4.1). Ketika beroperasi secara independent, perusahaan yang diakuisisi ini memproduksi semen hanya sebesar 8.785.285 ton. Setelah dilakukan akuisisi oleh perusahaan holding maka terdapat penambahan rekomendasi produksi sebesar 2.345.058 ton. Data jumlah produksi dan tingkat utilisasi pada masing-masing cement plant perusahaan yang diakuisisi oleh perusahaan holding ditunjukkan pada Tabel 5.12 sebagai berikut ini.

Tabel 5.12 Utilisasi *cement plant* setelah diakuisisi perusahaan holding

Cement Plant		Vol. pengiriman semen bag ke Market (ton)	Vol. pengiriman clinker ke GP (ton)	Vol. pengiriman semen bulk ke PP (ton)	Verifikasi	
					Volume (ton)	% Utilisasi
Tuban LHI	CP05	2.340.000,00	-	-	**2.340.000,0**	65,0%
Cilacap	CP06	3.090.343,00	-	-	**3.090.343,0**	90,9%
Narogong	CP07	3.241.247,00	-	658.753,00	**3.900.000,0**	65,0%
Lhok Nga	CP08	1.800.000,00	-	-	**1.800.000,0**	100,0%
TOTAL		**10.471.590,0**	**-**	**658.753,0**	**11.130.343,0**	

5.2.2 Optimasi jaringan rantai pasok perusahaan Semen Indonesia sebelum akuisisi

Perusahaan ini sebelum melakukan langkah akuisisi memiliki kapasitas *integrated cement plant* sebesar sekitar 34.500.000 ton semen per tahun (tidak termasuk fasilitas produksi yang berada di luar negeri di Vietnam sesuai dengan batasan yang telah disampaikan dalam penelitian ini). Lokasi fasilitas produksi terbesar berada di Pulau Jawa yaitu di Jawa Timur (Kabupaten Tuban) yang terdiri atas empat (4) *line integrated cement plant* yaitu Tuban-1, Tuban-2, Tuban-3 dan yang terbaru Tuban-4 yang dimulai masa komersilnya pada Tahun 2012 dan di Jawa Tengah (Kabupaten Rembang) dengan Pabrik Semen yang memiliki teknologi terbaru yang beroperasi secara komersil sejak Juli 2017. Total kapasitas fasilitas *integrated cement plant* di Pulau Jawa sebesar 51,3% dan sisanya berada di Provinsi Sumatera Barat dan di Provinsi Sulawesi Selatan masing-masing sebesar 27,25% dan 21,45%. *Demand* terbesar perusahaan ini berada di Pulau Jawa sebesar sekitar 54,06%, kemudian sebesar 22,18% berada di Pulau Sumatera dan sisanya sebesar 23,76% tersebar di Pulau Kalimantan, Bali, Sulawesi dan Indonesia bagian timur lainnya. Data sebaran *demand* ditunjukkan pada Tabel 5.13 dengan total *demand* sebesar 28.999.517 ton atau memiliki proporsi sebesar 76,75% dibandingkan dengan total *demand* pasca akuisisi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 5.13 Tabel permintaan (*demand*) Semen Indonesia sebelum akuisisi

Demand		**Target *demand fullfilment (Ton)***	***Demand***		**Target *demand fullfilment (Ton)***
D.I. Aceh	M 1	450.593	Kalbar	M 18	351.913
Sumut	M 2	1.168.068	Kalteng	M 19	358.912
Sumbar	M 3	1.318.638	Kalsel	M 20	320.890
Riau	M 4	1.423.862	Kaltim	M 21	590.561
Kepulauan Riau	M 5	329.794	Kaltara	M 22	103.967
Bengkulu	M 6	298.574	Sulsel	M 23	1.810.722
Jambi	M 7	725.158	Sulbar	M 24	284.605
Sumsel	M 8	213.673	Sulteng	M 25	546.203
Bangka – Belitung	M 9	45.759	Gorontalo	M 26	99.039
Lampung	M 10	455.854	Sulut	M 27	324.439
Banten	M 11	1.045.050	Sultera	M 28	579.099
D. K. I. Jakarta	M 12	1.597.318	Maluku	M 29	228.411
Jabar	M 13	1.567.734	Maluku Utara	M 30	122.318
Jateng	M 14	3.993.540	Papua Barat	M 31	144.950
D. I. Y.	M 15	610.203	Papua	M 32	247.752
Jatim	M 16	6.286.610	N. T. B.	M 33	259.204
Bali	M 17	577.933	N. T. T.	M 34	518.171

Hasil optimasi dari jaringan supply chain perusahaan ini sebelum akuisisi ditunjukkan pada Lampiran D pada Tabel D.1–D.6. Berdasarkan hasil optimasi tersebut dapat dilihat bahwa semua *demand* pada setiap zona *market* dapat dipenuhi. Zona market M1 (Daerah Istimewa Aceh) sebesar 450.593 ton dipasok dari dua (2) fasilitas packing plant yaitu PP01 (PP Malahayati) dan PP02 (PP Lhoksumaue) masing-masing sebesar 150.593 ton dan 300.000 ton (Tabel D.6). Zona *market* terbesar yaitu di Provinsi Jatim (M16) sebesar 6.286.610 ton sepenuhnya dipasok secara langsung dari fasilitas *integrated cement plant* CP01 (Tuban) seperti yang ditunjukkan pada Tabel D.3. Zona *market* terbesar kedua yaitu di Provinsi Jateng (M14) sebesar 3.993.540 ton dipasok secara langsung dari dua (2) fasilitas *integrated cement plant* CP01 (Tuban) dan CP02 (Rembang) masing masing sebesar 2.043.540 ton dan 1.950.000 ton seperti yang ditunjukkan pada Tabel D.3. Hasil optimasi dari jaringan rantai pasok perusahaan ini menunjukkan bahwa untuk memenuhi *demand* tersebut dengan mengoperasikan empat (4) fasilitas *integrated cemen plant*, satu (1) fasilitas *grinding plant* dan sembilan (9) *packing plant*. Hanya ada satu integrated cement plant yang memiliki utilisasi 100%

yaitu CP04 dan ketiga sisanya yaitu CP01, CP02 dan CP03 masing-masing 89,5%, 65% dan 69,1%. Fasilitas *grinding plant* GP1 dioperasikan dengan tingkat utilisasi sebesar 100%. Fasilitas *packing plant* yang tetap dioperasikan ada tujuh (7) untuk direkomendasikan dengan tingkat utilisasi 100% meliputi PP02, PP03, PP07, PP08, PP09, PP10 dan PP12 dan untuk PP01 dan PP05 masing-masing direkomendasikan dengan tingkat utilisasi sebesar 50,2% dan 56,9%. Detil rekomendasi hasil optimasi mengenai jumlah produksi dan alokasi ditunjukkan pada Lampiran D dan summarynya direpresentasikan pada Tabel 5.14 di bawah ini. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa total *cost* dalam memenuhi *demand* sebesar Rp 21.667.938.404,3 (dalam ribuan). Tingkat utilisasi kapasitas cement plant dalam memenuhi demand sebesar 84,1%.

Tabel 5.14 Ringkasan hasil optimasi pada jaringan rantai pasok perusahaan yang diakuisi (Rp x 1.000).

Deskripsi	Jumlah
A Ditentukan:	
Clinker Factor (CF)	0,74
B Parameter:	
Total kapasitas cement plant	34.500.000
Total targeted demand	28.999.517
C Variabel Keputusan:	
Jumlah GPs yang Dibuka	1
Jumlah GPs yang Ditutup	-
Jumlah PPs yang Dibuka	9
Jumlah PPs yang Ditutup	16
Vol. semen dikirim dari CP ke market	24.450.192,0
Vol. clinker dikirim dari CP ke GP	444.000,0
Vol. semen bulk dikirim dari CP ke PP	3.949.325,0
Vol. semen dikirim dari GP ke market	600.000,0
Vol. semen dikirim dari PP to market	3.949.325,0
Total demand fulfilment	28.999.517
% Cement plant utilisasi	84,1%

Deskripsi	Jumlah
D Min. Total Cost (Rp)	21.667.938.404,3
1 Biaya Infrastructure (Rp)	
Establish CP	5.123.857.025,0
Establish GP	96.682.532,5
Shutdown GP	-
Establish PP	179.652.967,9
Shutdown PP	229.308.074,4
2 Biaya Production (Rp)	
Semen bag	10.017.497.503,5
Clinker	198.125.973,3
Semen bulk	1.466.339.401,1
Semen dari GPs	56.880.000,0
Semen dari PPs	160.927.412,3
3 Biaya Transportasion (Rp)	
Cement plant ke market	3.192.177.445,9
Cement plant ke GP	79.253.647,0
Cement plant ke PP	434.213.002,1
Grinding plant ke market	53.975.400,0
Packing plant ke market	379.048.019,2

5.2.3 Hasil perbandingan

Berdasarkan hasil optimasi pada jaringan rantai pasok ketika masing-masing perusahaan beroperasi secara *independent* dapat dilihat bahwa total *cost* kedua jaringan rantai pasok ini adalah sebesar Rp 7.211.001.635,5 (dalam ribuan) (Tabel 5.11) ditambah dengan Rp 21.667.938.404,3 (dalam ribuan) (Tabel 5.14) menjadi Rp 28.878.940.057,8 (dalam ribuan). Namun apabila jaringan rantai pasok perusahaan yang diakuisisi ini diintegrasikan dengan jaringan rantai pasok perusahaan *holding* maka diperoleh total *cost* sebesar Rp 28.627.645,6 (dalam

ribuan) (Tabel 5.9). Dengan demikian dari angka indikatif ini dapat diperoleh kesimpulan bahwa total *cost* jaringan rantai pasok secara terintegrasi (beroperasi secara sinergi dalam memasok *demand*) ini lebih efisien dengan nilai potensi penghematan biaya sebesar Rp 251.262.412,2 (dalam ribuan) atau sebesar sekitar Rp 251,2 Milyar.

5.3 Implikasi praktis atas rekomendasi perubahan jaringan rantai pasok.

Hasil optimasi di atas pada sub bab 5.1 mengindikasikan potensi *cost saving* yang cukup besar ketika perusahaan *holding* ini melakukan konsolidasi fasilitas produksi dalam memenuhi total *demand* pasca akuisisi. Dalam kondisi market yang *oversupply* seperti saat ini, hasil optimasi jaringan rantai pasok pasca akuisisi merekomendasikan untuk tetap mengoperasikan *intermediary facility grinding plant* sebanyak satu unit dan *packing plant* sebanyak 10 unit agar dapat diperoleh *total cost* yang paling efisien dengan tetap memenuhi *demand* pada seluruh provinsi di Indonesia. Fasilitas *grinding plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan yaitu GP01 (GP Dumai) dan fasilitas *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan adalah PP03 (PP Belawan), PP05 (PP Teluk Bayur), PP08 (PP Ciwandan_SP), PP09 (PP Tanjung Priok), PP10 (PP Ciwandan_SI), PP12 (PP Pontianak), PP27 (PP Belawan_HIL), PP28 (PP Dumai_HIL), PP30 (PP Lampung_HIL) dan PP31 (PP Pontianak_HIL). Tingkat utilisasi Grinding Plant GP01 sebesar 100% dan tingkat utilisasi dari kesepuluh fasilitas *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan adalah 100% kecuali hanya pada PP05 (PP Teluk Bayur) yang hanya sebesar 61,4%. Grinding Plant GP01 merupakan fasilitas asli perusahaan holding sebelum akuisisi dan Packing plant direkomendasikan untuk tetap dioperasikan, sebanyak 4 unit dari 10 unit merupakan fasilitas dari perusahaan yang diakuisi yaitu PP27 (PP Belawan_HIL), PP28 (PP Dumai_HIL), PP30 (PP Lampung_HIL) dan PP31 (PP Pontianak_HIL).

Perusahaan dapat memenuhi total *demand* sebesar 37.784.802 ton semen yang tersebar di seluruh provinsi di Indonesia dengan tingkat utilisasi sebesar 76,6% dari total kapasitas *integrated cement plant*. Jumlah semen yang dipasok secara langsung menuju zona *market* dari *integrated cement plant* sebesar

31.597.777 ton atau sebesar 83,6%, dari *grinding plant* sebesar 600.000 ton atau sebesar 1,6%, dan dari *packing plant* sebesar 14,8%.

Rekomendasi hasil optimasi ini memang terlihat cukup besar perubahannya terhadap fasilitas produksi yang ada yaitu untuk menghentikan operasi *grinding plant* sebanyak dua (2) unit yaitu GP02 (GP Kuala Indah) dan GP03 (GP Ciwandan) yang keduanya merupakan fasilitas dari perusahaan yang diakuisisi dan sebanyak 21 unit Packing Plant juga direkomendasikan untuk dihentikan operasinya. Keputusan untuk menghentikan operasional fasilitas *grinding plant* dan *packing plant* ini memberikan dampak terhadap tenaga kerja induk yang ditugaskan untuk mengelola operasional fasilitas produksi tersebut. Kendati demikian, jumlah tenaga kerja induk yang ditugaskan pada *intermediary facility* tidak terlalu banyak karena memang kegiatan operasional baik produksi dan pemeliharaan dan keamanan adalah melalui mekanisme kontrak operasional & maintenance (O&M). Periode kontrak O&M ini berlaku selama enam (6) bulan dan dapat dilakukan penunjukan kembali untuk periode enam (6) bulan berikutnya yang biasanya estimasi volumenya disesuaikan mengikuti forecast seasonal musim penjualan. Secara umum jumlah tenaga kerja induk yang bertugas di fasilitas intermediary facility adalah satu (1) orang kepala seksi dan beberapa kepala regu.

Implementasi rekomendasi ini bisa dilakukan secara bertahap ataupun bisa dilakukan secara langsung. Konsekuensi ketika rekomendasi penghentian operasional fasilitas *intermediary facility* ini dilakukan adalah tenaga kerja induk dapat dirotasi kembali di perusahaan holding dengan penugasan ke unit kerja yang lain atau dapat juga melakukan restrukturisasi organisasi dengan pembentukan unit-unit kerja baru dengan tugas dan target yang baru. Kemudian konsekuensi yang lain terhadap kontrak operasional & maintenance dengan pihak lain adalah dengan tetap melanjutkan sisa kontrak sampai habis periodenya (dari total enam bulan periode kontrak O&M) kemudian tidak melanjutkan kontrak dan atau alternative lain adalah melakukan *descoping*.

5.4 Analisis sensitivitas ketika terjadi perubahan *demand*.

Hasil optimasi jaringan rantai pasok pasca akuisisi sesuai dengan parameter data-data yang telah disampaikan pada Bab 4 akan dibandingkan pola

responnya terhadap simulasi terjadinya potensi perubahan *demand* di masa yang akan datang untuk melihat respon adanya perubahan *demand* ini terhadap utilisasi fasilitas produksi, keputusan untuk tetap mengoperasikan atau menutup *intermediary facility* yaitu fasilitas *grinding plant* dan atau fasilits *packing plant*, respon terhadap keputusan alokasi antar fasilitas produksi dan dari fasilitas produksi menuju *market* serta total *cost* jaringan rantai pasok dalam memenuhi permintaan. Skenario ini ini meliputi skenario peningkatan *demand* dan skenario adanya penurunan demand.

Skenario peningkatan *demand* ini dimulai dengan potensi terjadinya peningkatan *demand* sebesar 6,6% (berdasarkan data presentasi perusahaan bahwa CAGR sebesar 6,6% yang mengacu pada data Asosiasi Semen Indonesia) yang kemudian akan dinaikkan secera bertahap menjadi 10%, 15% dan seterusnya dengan melihat tingkat peningkatan utilisasi fasilitas *integrated cement plant* secara keseluruhan menjadi atau mendekati 100%. Skenario berikutnya adalah adanya potensi penurunan *demand* yang disebabkan oleh tingkat persaingan dengan para perusahaan kompetitor baik pemain lokal maupun masuknya investasi asing ke Indonesia. Skenario penurunan *demand* juga bisa terjadi pada kondisi tertentu atau kondisi tidak normal seperti adanya pandemic Covid-19 seperti saat ini yang bisa menyebabkan pertumbuhan ekonomi negatif. Berdasarkan informasi dari Departemen Sales bahwa perusahaan holding telah melakukan koreksi sebesar minus 15% terhadap target penjualan pada tahun 2020 yaitu dari 37,78 juta ton menjadi 32,12 juta ton (-5,67 juta ton) sebagai dampak wabah Covid-19. Kedua skenario tersebut mempertimbangkan bahwa *plant capacity* tetap, *fixed cost* tetap, biaya variabel tetap, profil *clinker factor* tertimbang tetap dan proporsi peningkatan *demand* adalah merata pada seluruh wilayah *market* di seluruh wilayah pemasaran.. Skenario peningkatan *demand* dibahas pada sub bab sebagai berikut.

5.3.1 Skenario peningkatan demand

a. Skenario peningkatan demand sebesar 6,6%

Skenario peningkatan *demand* merata pada seluruh zona *market* sebesar 6,6% atau bertambah 2,49 juta ton semen dari 37,78 juta ton semen menjadi 40,27 juta ton semen seperti yang ditunjukkan pada Lampiran E Tabel E.1. Dengan

memperhatikan asumsi yang telah disampaikan pada Sub bab 5.3 di atas diperoleh hasil optimasi yang direpresentasikan pada Tabel 5.15 di bawah ini.

Tabel 5.15 Ringkasan hasil optimasi skenario peningkatan *demand* 6,6% (Rp x 1.000).

Deskripsi	Jumlah
A Ditentukan:	
Clinker Factor (CF)	0,74
B Parameter:	
Total kapasitas cement plant	49.300.000
Total targeted demand	40.278.598
C Variabel Keputusan:	
Jumlah GPs yang Dibuka	1
Jumlah GPs yang Ditutup	2
Jumlah PPs yang Dibuka	9
Jumlah PPs yang Ditutup	22
Vol. semen dikirim dari CP ke market	34.618.641,0
Vol. clinker dikirim dari CP ke GP	444.000,0
Vol. semen bulk dikirim dari CP ke PP	5.059.957,0
Vol. semen dikirim dari GP ke market	600.000,0
Vol. semen dikirim dari PP to market	5.059.957,0
Total demand fulfilment	40.278.598
% Cement plant utilisasi	81,7%

Deskripsi	Jumlah
D Min. Total Cost (Rp)	30.010.851.398,6
1 Biaya Infrastructure (Rp)	
Establish CP	7.096.424.502,6
Establish GP	96.682.532,5
Shutdown GP	84.356.285,8
Establish PP	190.117.709,6
Shutdown PP	286.418.315,6
2 Biaya Production (Rp)	
Semen bag	14.768.544.963,9
Clinker	198.125.973,3
Semen bulk	1.928.161.515,9
Semen dari GPs	56.880.000,0
Semen dari PPs	203.267.506,2
3 Biaya Transportasion (Rp)	
Cement plant ke market	3.922.717.915,8
Cement plant ke GP	79.253.647,0
Cement plant ke PP	552.969.821,7
Grinding plant ke market	53.975.400,0
Packing plant ke market	492.955.308,7

Berdasarkan hasil optimasi tersebut, fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak satu (1) unit yaitu GP01 dimana GP01 ini material clinkernya dipasok dari CP03 sebesar 444.000 ton. Jumlah ini sama persis dengan jumlah demand pada kondisi awal (original) sesuai pada Tabel 5.3. Artinya sebelum skenario peningkatan *demand* sebesar 6,6%, nilai utilisasi GP01 adalah sebesar 100% atau sudah mencapai kapasitas produksi maksimalnya. Keputusan terkait fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan dan atau ditutup ditunjukkan pada Lampiran E Tabel E.2 dan E.3. Fasilitas produksi *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak sembilan (9) unit yaitu PP03 (PP Belawan), PP05 (PP Teluk Bayur), PP08 (PP Ciwandan_SP), PP10 (PP Ciwandan_SI), PP12 (PP Pontianak), PP27 (PP Belawan_HIL), PP28 (PP Dumai_HIL), PP30 (PP Lampung_HIL) dan PP31 (PP Pontianak_HIL) seperti yang ditunjukkan pada Lampiran E Tabel E.4. Alokasi material antar fasilitas produksi dan pasokan dari fasilitas produksi yang melayani suatu zona market tertentu ditunjukkan pada Lampiran E Tabel E.5 sampai dengan E.8. Adanya skenario peningkatan demand sebesar 6,6% ini diikuti peningkatan biaya total

menjadi sebesasr Rp 30.010.851.398,6 atau naik sebesar 1,05% dibandingkan dengan kondisi *demand original* (Tabel 5.9). Begitu juga diikuti dengan indikasi peningkatan utilisasi pada fasilitas *integrated cement plant* dengan nilai tingkat utilisasi mencapai 81,7% (Tabel 5.15) dimana dengan kondisi sebelumnya tingkat utilisasi sebesar 76,6% (saat *demand original*). Peningkatan tingkat utilisasi pada masing-masing fasilitas *integrated cement plant* ditunjukkan pada Tabel 5.16 di bawah ini.

Tabel 5.16 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant.

Cement Plant		Vol. pengiriman semen bag ke Market (ton)	Vol. pengiriman clinker ke GP (ton)	Vol. pengiriman semen bulk ke PP (ton)	Verifikasi	
					Volume (ton)	% Utilisasi
Tuban	CP01	14.220.000,00	-	480.000,00	**14.700.000,0**	100,0%
Rembang	CP02	1.950.000,00	-	-	**1.950.000,0**	65,0%
Padang	CP03	2.613.431,00	444.000,00	3.765.998,00	**6.979.429,0**	74,2%
Tonasa	CP04	4.534.169,00	-	675.000,00	**5.209.169,0**	70,4%
Tuban LHI	CP05	2.340.000,00	-	-	**2.340.000,0**	65,0%
Cilacap	CP06	3.400.000,00	-	-	**3.400.000,0**	100,0%
Narogong	CP07	3.761.041,00	-	138.959,00	**3.900.000,0**	65,0%
Lhok Nga	CP08	1.800.000,00	-	-	**1.800.000,0**	100,0%
TOTAL		**34.618.641,0**	**444.000,0**	**5.059.957,0**	**40.278.598**	

b. Skenario peningkatan demand sebesar 10%

Skenario peningkatan *demand* merata pada seluruh zona *market* sebesar 10% atau bertambah 3,78 juta ton semen dari 37,78 juta ton semen menjadi 41,56 juta ton semen seperti yang ditunjukkan pada Lampiran F Tabel F.1. Dengan memperhatikan asumsi yang telah disampaikan pada Sub bab 5.3 di atas diperoleh hasil optimasi yang direpresentasikan pada Tabel 5.17 di bawah ini.

Tabel 5.17 Ringkasan hasil optimasi skenario peningkatan *demand* 10% (Rpx1 .000).

Deskripsi	Jumlah
A Ditentukan:	
Clinker Factor (CF)	0,74
B Parameter:	
Total kapasitas cement plant	49.300.000
Total targeted demand	41.563.280
C Variabel Keputusan:	
Jumlah GPs yang Dibuka	1
Jumlah GPs yang Ditutup	2
Jumlah PPs yang Dibuka	9
Jumlah PPs yang Ditutup	22
Vol. semen dikirim dari CP ke market	35.865.753,0
Vol. clinker dikirim dari CP ke GP	444.000,0
Vol. semen bulk dikirim dari CP ke PP	5.097.527,0
Vol. semen dikirim dari GP ke market	600.000,0
Vol. semen dikirim dari PP to market	5.097.527,0
Total demand fulfilment	41.563.280
% Cement plant utilisasi	84,3%

Deskripsi	Jumlah
D Min. Total Cost (Rp)	30.727.814.767,0
1 Biaya Infrastructure (Rp)	
Establish CP	7.096.424.502,6
Establish GP	96.682.532,5
Shutdown GP	84.356.285,8
Establish PP	190.117.709,6
Shutdown PP	286.418.315,6
2 Biaya Production (Rp)	
Semen bag	15.321.734.715,2
Clinker	198.125.973,3
Semen bulk	1.943.327.278,3
Semen dari GPs	56.880.000,0
Semen dari PPs	204.642.568,2
3 Biaya Transportasion (Rp)	
Cement plant ke market	4.066.936.429,4
Cement plant ke GP	79.253.647,0
Cement plant ke PP	554.575.973,1
Grinding plant ke market	53.975.400,0
Packing plant ke market	494.363.436,3

Berdasarkan hasil optimasi tersebut, fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak satu (1) unit yaitu GP01 dimana GP01 ini material clinkernya dipasok dari CP03 sebesar 444.000 ton. Jumlah ini sama persis dengan jumlah demand pada kondisi awal (original) sesuai pada Tabel 5.3. Artinya sebelum skenario peningkatan *demand* sebesar 10%, nilai utilisasi GP01 adalah sebesar 100% atau sudah mencapai kapasitas produksi maksimalnya. Keputusan terkait fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan dan atau ditutup ditunjukkan pada Lampiran F Tabel F.2 dan F.3. Fasilitas produksi *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak sembilan (9) unit yaitu PP03 (PP Belawan), PP05 (PP Teluk Bayur), PP08 (PP Ciwandan_SP), PP10 (PP Ciwandan_SI), PP12 (PP Pontianak), PP27 (PP Belawan_HIL), PP28 (PP Dumai_HIL), PP30 (PP Lampung_HIL) dan PP31 (PP Pontianak_HIL) seperti yang ditunjukkan pada Lampiran F Tabel F.4. Alokasi material antar fasilitas produksi dan pasokan dari fasilitas produksi yang melayani suatu zona market tertentu ditunjukkan pada Lampiran F Tabel F.5 sampai dengan F.8. Adanya skenario peningkatan demand sebesar 10% ini diikuti peningkatan biaya total menjadi sebesar Rp 30.727.814.767,0 atau naik sebesar 1,07% dibandingkan dengan kondisi *demand original* (Tabel 5.9). Begitu juga diikuti dengan indikasi peningkatan utilisasi pada fasilitas *integrated cement plant* dengan nilai tingkat

utilisasi mencapai 84,3% (Tabel 5.17) dimana dengan kondisi sebelumnya tingkat utilisasi sebesar 76,6% (saat *demand original*). Peningkatan tingkat utilisasi pada masing-masing fasilitas *integrated cement plant* ditunjukkan pada Tabel 5.18 di bawah ini.

Tabel 5.18 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant.

Cement Plant		Vol. pengiriman semen bag ke Market (ton)	Vol. pengiriman clinker ke GP (ton)	Vol. pengiriman semen bulk ke PP (ton)	Verifikasi	
					Volume (ton)	% Utilisasi
Tuban	CP01	14.220.000,00	-	480.000,00	**14.700.000,0**	100,0%
Rembang	CP02	1.950.000,00	-	-	**1.950.000,0**	65,0%
Padang	CP03	2.875.621,00	444.000,00	3.942.527,00	**7.418.148,0**	78,9%
Tonasa	CP04	5.118.688,00	-	675.000,00	**5.793.688,0**	78,3%
Tuban LHI	CP05	2.340.000,00	-	-	**2.340.000,0**	65,0%
Cilacap	CP06	3.400.000,00	-	-	**3.400.000,0**	100,0%
Narogong	CP07	4.161.444,00	-	-	**4.161.444,0**	69,4%
Lhok Nga	CP08	1.800.000,00	-	-	**1.800.000,0**	100,0%
TOTAL		**35.865.753,0**	**444.000,0**	**5.097.527,0**	**41.563.280**	

c. Skenario peningkatan demand sebesar 15%

Skenario peningkatan *demand* merata pada seluruh zona *market* sebesar 15% atau bertambah 5,67 juta ton semen dari 37,78 juta ton semen menjadi 43,45 juta ton semen seperti yang ditunjukkan pada Lampiran G Tabel G.1. Dengan memperhatikan asumsi yang telah disampaikan pada Sub bab 5.3 di atas diperoleh hasil optimasi yang direpresentasikan pada Tabel 5.19 di bawah ini.

Tabel 5.19 Ringkasan hasil optimasi skenario peningkatan *demand* 15% (Rp x 1.000)

Deskripsi	Jumlah
A Ditentukan:	
Clinker Factor (CF)	0,74
B Parameter:	
Total kapasitas cement plant	49.300.000
Total targeted demand	43.452.521
C Variabel Keputusan:	
Jumlah GPs yang Dibuka	1
Jumlah GPs yang Ditutup	2
Jumlah PPs yang Dibuka	9
Jumlah PPs yang Ditutup	22
Vol. semen dikirim dari CP ke market	37.699.742,0
Vol. clinker dikirim dari CP ke GP	444.000,0
Vol. semen bulk dikirim dari CP ke PP	5.152.779,0
Vol. semen dikirim dari GP ke market	600.000,0
Vol. semen dikirim dari PP to market	5.152.779,0
Total demand fulfilment	43.452.521
% Cement plant utilisasi	88,1%

Deskripsi	Jumlah
D Min. Total Cost (Rp)	31.787.569.915,6
1 Biaya Infrastructure (Rp)	
Establish CP	7.096.424.502,6
Establish GP	96.682.532,5
Shutdown GP	84.356.285,8
Establish PP	190.117.709,6
Shutdown PP	286.418.315,6
2 Biaya Production (Rp)	
Semen bag	16.177.423.877,3
Clinker	198.125.973,3
Semen bulk	1.965.297.225,0
Semen dari GPs	56.880.000,0
Semen dari PPs	206.664.791,4
3 Biaya Transportasion (Rp)	
Cement plant ke market	4.238.640.413,0
Cement plant ke GP	79.253.647,0
Cement plant ke PP	557.409.109,5
Grinding plant ke market	53.975.400,0
Packing plant ke market	499.900.133,1

Berdasarkan hasil optimasi tersebut, fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak satu (1) unit yaitu GP01 dimana GP01 ini material clinkernya dipasok dari CP03 sebesar 444.000 ton. Jumlah ini sama persis dengan jumlah demand pada kondisi awal (original) sesuai pada Tabel 5.3. Artinya sebelum skenario peningkatan *demand* sebesar 15%, nilai utilisasi GP01 adalah sebesar 100% atau sudah mencapai kapasitas produksi maksimalnya. Keputusan terkait fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan dan atau ditutup ditunjukkan pada Lampiran G Tabel G.2 dan G.3. Fasilitas produksi *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak sembilan (9) unit yaitu PP03 (PP Belawan), PP05 (PP Teluk Bayur), PP08 (PP Ciwandan_SP), PP10 (PP Ciwandan_SI), PP12 (PP Pontianak), PP27 (PP Belawan_HIL), PP28 (PP Dumai_HIL), PP30 (PP Lampung_HIL) dan PP31 (PP Pontianak_HIL) seperti yang ditunjukkan pada Lampiran G Tabel G.4. Alokasi material antar fasilitas produksi dan pasokan dari fasilitas produksi yang melayani suatu zona market tertentu ditunjukkan pada Lampiran G Tabel G.5 sampai dengan G.8. Adanya skenario peningkatan demand sebesar 15% ini diikuti peningkatan biaya total menjadi sebesar Rp 31.787.569.915,6 atau naik sebesar 1,11% dibandingkan dengan kondisi *demand original* (Tabel 5.9). Begitu juga diikuti dengan indikasi peningkatan utilisasi pada fasilitas *integrated cement plant* dengan nilai tingkat utilisasi mencapai 88,1% (Tabel 5.19) dimana dengan kondisi sebelumnya tingkat utilisasi sebesar 76,6% (saat *demand original*). Peningkatan tingkat utilisasi pada masing-masing fasilitas *integrated cement plant* ditunjukkan pada Tabel 5.20 di bawah ini.

Tabel 5.20 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant.

Cement Plant		Vol. pengiriman semen bag ke Market (ton)	Vol. pengiriman clinker ke GP (ton)	Vol. pengiriman semen bulk ke PP (ton)	Verifikasi	
					Volume (ton)	% Utilisasi
Tuban	CP01	14.220.000,00	-	480.000,00	**14.700.000,0**	100,0%
Rembang	CP02	1.950.000,00	-	-	**1.950.000,0**	65,0%
Padang	CP03	3.646.768,00	444.000,00	3.938.839,00	**8.185.607,0**	87,1%
Tonasa	CP04	6.291.153,00	-	675.000,00	**6.966.153,0**	94,1%
Tuban LHI	CP05	2.340.000,00	-	-	**2.340.000,0**	65,0%
Cilacap	CP06	3.400.000,00	-	-	**3.400.000,0**	100,0%
Narogong	CP07	5.885.809,00	-	114.191,00	**6.000.000,0**	100,0%
Lhok Nga	CP08	1.800.000,00	-	-	**1.800.000,0**	100,0%
TOTAL		**39.533.730,0**	**444.000,0**	**5.208.030,0**	**45.341.760**	

d. Skenario peningkatan demand sebesar 20%

Skenario peningkatan *demand* merata pada seluruh zona *market* sebesar 20% atau bertambah 7,56 juta ton semen dari 37,78 juta ton semen menjadi 45,34 juta ton semen seperti yang ditunjukkan pada Lampiran H Tabel H.1. Dengan memperhatikan asumsi yang telah disampaikan pada Sub bab 5.3 di atas diperoleh hasil optimasi yang direpresentasikan pada Tabel 5.21 di bawah ini.

Tabel 5.21 Ringkasan hasil optimasi skenario peningkatan *demand* 20% (Rp x 1.000)

Deskripsi	Jumlah
A Ditentukan:	
Clinker Factor (CF)	0,74
B Parameter:	
Total kapasitas cement plant	49.300.000
Total targeted demand	45.341.760
C Variabel Keputusan:	
Jumlah GPs yang Dibuka	1
Jumlah GPs yang Ditutup	2
Jumlah PPs yang Dibuka	9
Jumlah PPs yang Ditutup	22
Vol. semen dikirim dari CP ke market	39.533.730,0
Vol. clinker dikirim dari CP ke GP	444.000,0
Vol. semen bulk dikirim dari CP ke PP	5.208.030,0
Vol. semen dikirim dari GP ke market	600.000,0
Vol. semen dikirim dari PP to market	5.208.030,0
Total demand fulfilment	45.341.760
% Cement plant utilisasi	92,0%

Deskripsi	Jumlah
D Min. Total Cost (Rp)	32.854.810.150,1
1 Biaya Infrastructure (Rp)	
Establish CP	7.096.424.502,6
Establish GP	96.682.532,5
Shutdown GP	84.356.285,8
Establish PP	190.117.709,6
Shutdown PP	286.418.315,6
2 Biaya Production (Rp)	
Semen bag	16.980.765.229,5
Clinker	198.125.973,3
Semen bulk	1.987.080.448,6
Semen dari GPs	56.880.000,0
Semen dari PPs	208.686.978,0
3 Biaya Transportasion (Rp)	
Cement plant ke market	4.470.035.366,3
Cement plant ke GP	79.253.647,0
Cement plant ke PP	560.505.413,9
Grinding plant ke market	53.975.400,0
Packing plant ke market	505.502.347,3

Berdasarkan hasil optimasi tersebut, fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak satu (1) unit yaitu GP01 dimana GP01 ini material clinkernya dipasok dari CP03 sebesar 444.000 ton.

Jumlah ini sama persis dengan jumlah demand pada kondisi awal (original) sesuai pada Tabel 5.3. Keputusan terkait fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan dan atau ditutup ditunjukkan pada Lampiran H Tabel H.2 dan H.3. Fasilitas produksi *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak sembilan (9) unit yaitu PP03 (PP Belawan), PP05 (PP Teluk Bayur), PP08 (PP Ciwandan_SP), PP10 (PP Ciwandan_SI), PP12 (PP Pontianak), PP27 (PP Belawan_HIL), PP28 (PP Dumai_HIL), PP30 (PP Lampung_HIL) dan PP31 (PP Pontianak_HIL) seperti yang ditunjukkan pada Lampiran H Tabel H.4. Alokasi material antar fasilitas produksi dan pasokan dari fasilitas produksi yang melayani suatu zona market tertentu ditunjukkan pada Lampiran H Tabel H.5 sampai dengan H.8. Adanya skenario peningkatan *demand* sebesar 20% ini diikuti peningkatan biaya total menjadi sebesar Rp 32.854.810.150,1 atau naik sebesar 1,15% dibandingkan dengan kondisi demand original (Tabel 5.9). Begitu juga diikuti dengan indikasi peningkatan utilisasi pada fasilitas *integrated cement plant* dengan nilai tingkat utilisasi mencapai 92,0% (Tabel 5.21) dimana dengan kondisi sebelumnya tingkat utilisasi sebesar 76,6% (saat *demand original*). Peningkatan tingkat utilisasi pada masing-masing fasilitas *integrated cement plant* ditunjukkan pada Tabel 5.22 di bawah ini.

Tabel 5. 22 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant.

Cement Plant		**Vol. pengiriman semen bag ke Market (ton)**	**Vol. pengiriman clinker ke GP (ton)**	**Vol. pengiriman semen bulk ke PP (ton)**	**Verifikasi**	
					Volume (ton)	**% Utilisasi**
Tuban	CP01	14.220.000,00	-	480.000,00	**14.700.000,0**	100,0%
Rembang	CP02	1.950.000,00	-	-	**1.950.000,0**	65,0%
Padang	CP03	3.646.768,00	444.000,00	3.938.839,00	**8.185.607,0**	87,1%
Tonasa	CP04	6.291.153,00	-	675.000,00	**6.966.153,0**	94,1%
Tuban LHI	CP05	2.340.000,00	-	-	**2.340.000,0**	65,0%
Cilacap	CP06	3.400.000,00	-	-	**3.400.000,0**	100,0%
Narogong	CP07	5.885.809,00	-	114.191,00	**6.000.000,0**	100,0%
Lhok Nga	CP08	1.800.000,00	-	-	**1.800.000,0**	100,0%
TOTAL		**39.533.730,0**	**444.000,0**	**5.208.030,0**	**45.341.760**	

e. Skenario peningkatan demand sebesar 25%

Skenario peningkatan *demand* merata pada seluruh zona *market* sebesar 25% atau bertambah 9,45 juta ton semen dari 37,78 juta ton semen menjadi 47,23 juta ton semen seperti yang ditunjukkan pada Lampiran I Tabel I.1. Dengan memperhatikan asumsi yang telah disampaikan pada Sub bab 5.3 di atas diperoleh hasil optimasi yang direpresentasikan pada Tabel 5.23 di bawah ini.

Tabel 5. 23 Ringkasan hasil optimasi skenario peningkatan *demand* 25% (Rpx1.000).

	Deskripsi	Jumlah
A	Ditentukan:	
	Clinker Factor (CF)	0,74
B	Parameter:	
	Total kapasitas cement plant	49.300.000
	Total targeted demand	47.231.001
C	Variabel Keputusan:	
	Jumlah GPs yang Dibuka	1
	Jumlah GPs yang Ditutup	2
	Jumlah PPs yang Dibuka	9
	Jumlah PPs yang Ditutup	22
	Vol. semen dikirim dari CP ke market	41.280.220,0
	Vol. clinker dikirim dari CP ke GP	444.000,0
	Vol. semen bulk dikirim dari CP ke PP	5.350.781,0
	Vol. semen dikirim dari GP ke market	600.000,0
	Vol. semen dikirim dari PP to market	5.350.781,0
	Total demand fulfilment	47.231.001
	% Cement plant utilisasi	95,8%

	Deskripsi	Jumlah
D	Min. Total Cost (Rp)	33.941.221.528,2
1	Biaya Infrastructure (Rp)	
	Establish CP	7.096.424.502,6
	Establish GP	96.682.532,5
	Shutdown GP	84.356.285,8
	Establish PP	191.678.865,9
	Shutdown PP	285.660.659,3
2	Biaya Production (Rp)	
	Semen bag	17.783.150.490,8
	Clinker	198.125.973,3
	Semen bulk	2.042.271.002,6
	Semen dari GPs	56.880.000,0
	Semen dari PPs	214.445.414,6
3	Biaya Transportasion (Rp)	
	Cement plant ke market	4.672.136.142,8
	Cement plant ke GP	79.253.647,0
	Cement plant ke PP	556.102.590,0
	Grinding plant ke market	53.975.400,0
	Packing plant ke market	530.078.020,9

Berdasarkan hasil optimasi tersebut, fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak satu (1) unit yaitu GP01 dimana GP01 ini material clinkernya dipasok dari CP03 sebesar 444.000 ton. Jumlah ini sama persis dengan jumlah demand pada kondisi awal (original) sesuai pada Tabel 5.3. Keputusan terkait fasilitas produksi *grinding plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan dan atau ditutup ditunjukkan pada Lampiran I Tabel I.2 dan I.3. Fasilitas produksi *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak sembilan (9) unit yaitu PP03 (PP Belawan), PP05 (PP Teluk Bayur), PP08 (PP Ciwandan_SP), PP10 (PP Ciwandan_SI), PP12 (PP Pontianak), PP27 (PP Belawan_HIL), PP28 (PP Dumai_HIL), PP30 (PP Lampung_HIL) dan PP31 (PP Pontianak_HIL) seperti yang ditunjukkan pada Lampiran I Tabel I.4. Alokasi material antar fasilitas produksi dan pasokan dari fasilitas produksi yang melayani suatu zona market

tertentu ditunjukkan pada Lampiran I Tabel I.5 sampai dengan I.8. Adanya skenario peningkatan demand sebesar 25% ini diikuti peningkatan biaya total menjadi sebesar Rp 33.941.221.528,2 atau naik sebesar 1,19% dibandingkan dengan kondisi *demand original* (Tabel 5.9). Begitu juga diikuti dengan indikasi peningkatan utilisasi pada fasilitas *integrated cement plant* dengan nilai tingkat utilisasi mencapai 95,8% (Tabel 5.23) dimana dengan kondisi sebelumnya tingkat utilisasi sebesar 76,6% (saat *demand original*). Peningkatan tingkat utilisasi pada masing-masing fasilitas *integrated cement plant* ditunjukkan pada Tabel 5.24 di bawah ini.

Tabel 5. 24 Tabel utilisasi fasilitas *integrated cement plant*.

Cement Plant		Vol. pengiriman semen bag ke Market (ton)	Vol. pengiriman clinker ke GP (ton)	Vol. pengiriman semen bulk ke PP (ton)	Verifikasi	
					Volume (ton)	% Utilisasi
Tuban	CP01	14.220.000,00	-	480.000,00	**14.700.000,0**	100,0%
Rembang	CP02	2.191.001,00	-	-	**2.191.001,0**	73,0%
Padang	CP03	4.633.185,00	444.000,00	4.166.815,00	**9.400.000,0**	100,0%
Tonasa	CP04	6.696.034,00	-	703.966,00	**7.400.000,0**	100,0%
Tuban LHI	CP05	2.340.000,00	-	-	**2.340.000,0**	65,0%
Cilacap	CP06	3.400.000,00	-	-	**3.400.000,0**	100,0%
Narogong	CP07	6.000.000,00	-	-	**6.000.000,0**	100,0%
Lhok Nga	CP08	1.800.000,00	-	-	**1.800.000,0**	100,0%
TOTAL		**41.280.220,0**	**444.000,0**	**5.350.781,0**	**47.231.001**	

f. Skenario peningkatan demand sebesar 30%

Skenario peningkatan *demand* merata pada seluruh zona *market* sebesar 30% atau bertambah 11,34 juta ton semen dari 37,78 juta ton semen menjadi 49,12 juta ton semen seperti yang ditunjukkan pada Lampiran J Tabel J.1. Dengan memperhatikan asumsi yang telah disampaikan pada Sub bab 5.3 di atas diperoleh hasil optimasi yang direpresentasikan pada Tabel 5.25 di bawah ini.

Tabel 5. 25 Ringkasan hasil optimasi skenario peningkatan *demand* 30% (Rpx1,000)

	Deskripsi	Jumlah
A	Ditentukan:	
	Clinker Factor (CF)	0,74
B	Parameter:	
	Total kapasitas cement plant	49.300.000
	Total targeted demand	49.120.237
C	Variabel Keputusan:	
	Jumlah GPs yang Dibuka	1
	Jumlah GPs yang Ditutup	2
	Jumlah PPs yang Dibuka	9
	Jumlah PPs yang Ditutup	22
	Vol. semen dikirim dari CP ke market	43.201.704,0
	Vol. clinker dikirim dari CP ke GP	444.000,0
	Vol. semen bulk dikirim dari CP ke PP	5.318.533,0
	Vol. semen dikirim dari GP ke market	600.000,0
	Vol. semen dikirim dari PP to market	5.318.533,0
	Total demand fulfilment	49.120.237
	% Cement plant utilisasi	99,6%

	Deskripsi	Jumlah
D	Min. Total Cost (Rp)	35.112.763.313,8
1	Biaya Infrastructure (Rp)	
	Establish CP	7.096.424.502,6
	Establish GP	96.682.532,5
	Shutdown GP	84.356.285,8
	Establish PP	190.117.709,6
	Shutdown PP	286.418.315,6
2	Biaya Production (Rp)	
	Semen bag	18.703.149.610,9
	Clinker	198.125.973,3
	Semen bulk	2.031.922.367,6
	Semen dari GPs	56.880.000,0
	Semen dari PPs	212.731.387,8
3	Biaya Transportasion (Rp)	
	Cement plant ke market	4.940.279.105,9
	Cement plant ke GP	79.253.647,0
	Cement plant ke PP	567.341.148,4
	Grinding plant ke market	53.975.400,0
	Packing plant ke market	515.105.326,8

Berdasarkan hasil optimasi tersebut, fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak satu (1) unit yaitu GP01 dimana GP01 ini material clinkernya dipasok dari CP03 sebesar 444.000 ton. Keputusan terkait fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan dan atau ditutup ditunjukkan pada Lampiran J Tabel J.2 dan J.3. Fasilitas produksi *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak sembilan (9) unit yaitu PP03 (PP Belawan), PP05 (PP Teluk Bayur), PP08 (PP Ciwandan_SP), PP10 (PP Ciwandan_SI), PP12 (PP Pontianak), PP27 (PP Belawan_HIL), PP28 (PP Dumai_HIL), PP30 (PP Lampung_HIL) dan PP31 (PP Pontianak_HIL) seperti yang ditunjukkan pada Lampiran J Tabel J.4. Alokasi material antar fasilitas produksi dan pasokan dari fasilitas produksi yang melayani suatu zona *market* tertentu ditunjukkan pada Lampiran J Tabel J.5 sampai dengan J.8. Adanya skenario peningkatan *demand* sebesar 30% ini diikuti peningkatan biaya total menjadi sebesar Rp 35.112.763.313,8 atau naik sebesar 1,23% dibandingkan dengan kondisi *demand original* (Tabel 5.9). Begitu juga diikuti dengan indikasi peningkatan utilisasi pada fasilitas *integrated cement plant* dengan nilai tingkat utilisasi mencapai 99,6% (Tabel 5.25) dimana dengan kondisi sebelumnya tingkat utilisasi sebesar 76,6% (saat *demand original*). Peningkatan tingkat utilisasi pada masing-masing fasilitas *integrated cement plant* ditunjukkan pada Tabel 5.26 di bawah ini.

Tabel 5. 26 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant.

Cement Plant		Vol. pengiriman semen bag ke Market (ton)	Vol. pengiriman clinker ke GP (ton)	Vol. pengiriman semen bulk ke PP (ton)	Verifikasi	
					Volume (ton)	% Utilisasi
Tuban	CP01	14.258.725,00	-	441.275,00	**14.700.000,0**	100,0%
Rembang	CP02	3.000.000,00	-	-	**3.000.000,0**	100,0%
Padang	CP03	4.865.495,00	444.000,00	3.934.505,00	**9.400.000,0**	100,0%
Tonasa	CP04	6.686.275,00	-	713.725,00	**7.400.000,0**	100,0%
Tuban LHI	CP05	3.420.237,00	-	-	**3.420.237,0**	95,0%
Cilacap	CP06	3.400.000,00	-	-	**3.400.000,0**	100,0%
Narogong	CP07	5.770.972,00	-	229.028,00	**6.000.000,0**	100,0%
Lhok Nga	CP08	1.800.000,00	-	-	**1.800.000,0**	100,0%
TOTAL		**43.201.704,0**	**444.000,0**	**5.318.533,0**	**49.120.237**	

5.3.2 Skenario penurunan demand

a. Skenario penurunan demand sebesar 5 %

Skenario penurunan *demand* merata pada seluruh zona market sebesar 5% atau minus 1,89 juta ton semen dari 37,78 juta ton semen menjadi 35,89 juta ton semen seperti yang ditunjukkan pada Lampiran K Tabel K.1. Dengan memperhatikan asumsi yang telah disampaikan pada Sub bab 5.3 di atas diperoleh hasil optimasi yang direpresentasikan pada Tabel 5.27 di bawah ini.

Tabel 5. 27 Ringkasan hasil optimasi skenario penurunan *demand* 5% (Rpx1,000)

Deskripsi	Jumlah
A Ditentukan:	
Clinker Factor (CF)	0,74
B Parameter:	
Total kapasitas cement plant	49.300.000
Total targeted demand	35.895.561
C Variabel Keputusan:	
Jumlah GPs yang Dibuka	1
Jumlah GPs yang Ditutup	2
Jumlah PPs yang Dibuka	10
Jumlah PPs yang Ditutup	21
Vol. semen dikirim dari CP ke market	29.763.787,0
Vol. clinker dikirim dari CP ke GP	444.000,0
Vol. semen bulk dikirim dari CP ke PP	5.531.774,0
Vol. semen dikirim dari GP ke market	600.000,0
Vol. semen dikirim dari PP to market	5.531.774,0
Total demand fulfilment	35.895.561
% Cement plant utilisasi	72,8%

Deskripsi	Jumlah
D Min. Total Cost (Rp)	27.591.405.739,9
1 Biaya Infrastructure (Rp)	
Establish CP	7.096.424.502,6
Establish GP	96.682.532,5
Shutdown GP	84.356.285,8
Establish PP	214.108.954,8
Shutdown PP	270.569.570,4
2 Biaya Production (Rp)	
Semen bag	12.696.067.729,4
Clinker	198.125.973,3
Semen bulk	2.103.549.937,8
Semen dari GPs	56.880.000,0
Semen dari PPs	223.464.008,4
3 Biaya Transportasion (Rp)	
Cement plant ke market	3.276.155.406,0
Cement plant ke GP	79.253.647,0
Cement plant ke PP	586.719.730,6
Grinding plant ke market	53.975.400,0
Packing plant ke market	555.072.061,2

Berdasarkan hasil optimasi tersebut, fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak satu (1) unit yaitu GP01 dimana GP01 ini material clinkernya dipasok dari CP03 sebesar 444.000 ton.

Keputusan terkait fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan dan atau ditutup ditunjukkan pada Lampiran K Tabel K.2 dan K.3. Fasilitas produksi *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak sepuluh (10) unit yaitu yaitu PP03, PP05, PP08, PP09, PP10, PP12, PP27, PP28, PP30 dan PP31. Seperti yang ditunjukkan pada Lampiran K Tabel K.4. Alokasi material antar fasilitas produksi dan pasokan dari fasilitas produksi yang melayani suatu zona *market* tertentu ditunjukkan pada Lampiran K Tabel K.5 sampai dengan K.8. Adanya skenario penurunan *demand* sebesar 5% ini diikuti peningkatan biaya total menjadi sebesar Rp 27.591.405.739,9 atau turun sebesar 0,96% dibandingkan dengan kondisi *demand original* (Tabel 5.9). Begitu juga diikuti dengan indikasi penurunan utilisasi pada fasilitas *integrated cement plant* dengan nilai tingkat utilisasi mencapai 72,8% (Tabel 5.27) dimana dengan kondisi sebelumnya tingkat utilisasi sebesar 76,6% (saat *demand original*). Penurunan tingkat utilisasi pada masing-masing fasilitas *integrated cement plant* ditunjukkan pada Tabel 5.28 di bawah ini.

Tabel 5. 28 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant.

Cement Plant		Vol. pengiriman semen bag ke Market (ton)	Vol. pengiriman clinker ke GP (ton)	Vol. pengiriman semen bulk ke PP (ton)	Verifikasi	
					Volume (ton)	% Utilisasi
Tuban	CP01	12.295.561,00	-	480.000,00	**12.775.561,0**	86,9%
Rembang	CP02	1.950.000,00	-	-	**1.950.000,0**	65,0%
Padang	CP03	1.789.691,00	444.000,00	3.720.309,00	**6.110.000,0**	65,0%
Tonasa	CP04	3.950.988,00	-	859.012,00	**4.810.000,0**	65,0%
Tuban LHI	CP05	2.340.000,00	-	-	**2.340.000,0**	65,0%
Cilacap	CP06	2.210.000,00	-	-	**2.210.000,0**	65,0%
Narogong	CP07	3.484.012,00	-	415.988,00	**3.900.000,0**	65,0%
Lhok Nga	CP08	1.743.535,00	-	56.465,00	**1.800.000,0**	100,0%
TOTAL		**29.763.787,00**	**444.000,00**	**5.531.774,00**	**35.895.561,0**	

b. Skenario penurunan demand sebesar 10 %

Skenario penurunan *demand* merata pada seluruh zona market sebesar 10% atau minus 3,78 juta ton semen dari 37,78 juta ton semen menjadi 34,01 juta ton semen seperti yang ditunjukkan pada Lampiran L Tabel L.1. Dengan memperhatikan asumsi yang telah disampaikan pada Sub bab 5.3 di atas diperoleh hasil optimasi yang direpresentasikan pada Tabel 5.29 di bawah ini.

Tabel 5. 29 Ringkasan hasil optimasi skenario penurunan *demand* 10% (Rpx1,000)

Deskripsi	Jumlah
A Ditentukan:	
Clinker Factor (CF)	0,74
B Parameter:	
Total kapasitas cement plant	49.300.000
Total targeted demand	34.006.324
C Variabel Keputusan:	
Jumlah GPs yang Dibuka	1
Jumlah GPs yang Ditutup	2
Jumlah PPs yang Dibuka	8
Jumlah PPs yang Ditutup	23
Vol. semen dikirim dari CP ke market	29.129.801,0
Vol. clinker dikirim dari CP ke GP	444.000,0
Vol. semen bulk dikirim dari CP ke PP	4.276.523,0
Vol. semen dikirim dari GP ke market	600.000,0
Vol. semen dikirim dari PP to market	4.276.523,0
Total demand fulfilment	34.006.324
% Cement plant utilisasi	69,0%

Deskripsi	Jumlah
D Min. Total Cost (Rp)	26.568.753.816,3
1 Biaya Infrastructure (Rp)	
Establish CP	7.096.424.502,6
Establish GP	96.682.532,5
Shutdown GP	84.356.285,8
Establish PP	165.433.077,2
Shutdown PP	303.302.948,0
2 Biaya Production (Rp)	
Semen bag	12.559.431.779,7
Clinker	198.125.973,3
Semen bulk	1.616.870.062,1
Semen dari GPs	56.880.000,0
Semen dari PPs	172.031.821,8
3 Biaya Transportasion (Rp)	
Cement plant ke market	3.208.357.161,2
Cement plant ke GP	79.253.647,0
Cement plant ke PP	458.760.056,8
Grinding plant ke market	53.975.400,0
Packing plant ke market	418.868.568,3

Berdasarkan hasil optimasi tersebut, fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak satu (1) unit yaitu GP01 dimana GP01 ini material clinkernya dipasok dari CP03 sebesar 444.000 ton. Keputusan terkait fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan dan atau ditutup ditunjukkan pada Lampiran L Tabel L.2 dan L.3. Fasilitas produksi *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak delapan (8) unit yaitu yaitu PP05, PP08, PP10, PP12, PP27, PP28, PP30 dan PP31. Seperti yang ditunjukkan pada Lampiran L Tabel L.4. Alokasi material antar fasilitas produksi dan pasokan dari fasilitas produksi yang melayani suatu zona *market* tertentu ditunjukkan pada Lampiran L Tabel L.5 sampai dengan L.8. Adanya skenario penurunan *demand* sebesar 10% ini diikuti peningkatan biaya total menjadi sebesar Rp 26.568.753.816,3 atau turun sebesar 0,93% dibandingkan dengan kondisi *demand original* (Tabel 5.9). Begitu juga diikuti dengan indikasi penurunan utilisasi pada fasilitas *integrated cement plant* dengan nilai tingkat utilisasi mencapai 69,0% (Tabel 5.29) dimana dengan kondisi sebelumnya tingkat utilisasi sebesar 76,6% (saat *demand original*). Penurunan tingkat utilisasi pada masing-masing fasilitas *integrated cement plant* ditunjukkan pada Tabel 5.30 di bawah ini.

Tabel 5. 30 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant.

Cement Plant		Vol. pengiriman semen bag ke Market (ton)	Vol. pengiriman clinker ke GP (ton)	Vol. pengiriman semen bulk ke PP (ton)	Verifikasi	
					Volume (ton)	% Utilisasi
Tuban	CP01	10.406.324,00	-	480.000,00	**10.886.324,0**	74,1%
Rembang	CP02	1.950.000,00	-	-	**1.950.000,0**	65,0%
Padang	CP03	2.388.477,00	444.000,00	3.121.523,00	**6.110.000,0**	65,0%
Tonasa	CP04	4.135.000,00	-	675.000,00	**4.810.000,0**	65,0%
Tuban LHI	CP05	2.340.000,00	-	-	**2.340.000,0**	65,0%
Cilacap	CP06	2.210.000,00	-	-	**2.210.000,0**	65,0%
Narogong	CP07	3.900.000,00	-	-	**3.900.000,0**	65,0%
Lhok Nga	CP08	1.800.000,00	-	-	**1.800.000,0**	100,0%
TOTAL		**29.129.801,00**	**444.000,00**	**4.276.523,00**	**34.006.324,0**	

c. Skenario penurunan demand sebesar 15 %

Skenario penurunan demand merata pada seluruh zona market sebesar 15% atau minus 5,67 juta ton semen dari 37,78 juta ton semen menjadi 32,12 juta ton semen seperti yang ditunjukkan pada Lampiran M Tabel M.1. Dengan memperhatikan asumsi yang telah disampaikan pada Sub bab 5.3 di atas diperoleh hasil optimasi yang direpresentasikan pada Tabel 5.31 di bawah ini.

Tabel 5. 31 Ringkasan hasil optimasi skenario penurunan *demand* 15% (Rpx1,000)

	Deskripsi	Jumlah
A	Ditentukan:	
	Clinker Factor (CF)	0,74
B	Parameter:	
	Total kapasitas cement plant	49.300.000
	Total targeted demand	32.117.084
C	Variabel Keputusan:	
	Jumlah GPs yang Dibuka	1
	Jumlah GPs yang Ditutup	2
	Jumlah PPs yang Dibuka	9
	Jumlah PPs yang Ditutup	22
	Vol. semen dikirim dari CP ke market	26.695.813,0
	Vol. clinker dikirim dari CP ke GP	444.000,0
	Vol. semen bulk dikirim dari CP ke PP	4.821.271,0
	Vol. semen dikirim dari GP ke market	600.000,0
	Vol. semen dikirim dari PP to market	4.821.271,0
	Total demand fulfilment	32.117.084
	% Cement plant utilisasi	65,1%

	Deskripsi	Jumlah
D	Min. Total Cost (Rp)	25.589.299.177,2
1	Biaya Infrastructure (Rp)	
	Establish CP	7.096.424.502,6
	Establish GP	96.682.532,5
	Shutdown GP	84.356.285,8
	Establish PP	190.117.709,6
	Shutdown PP	286.418.315,6
2	Biaya Production (Rp)	
	Semen bag	11.535.365.682,9
	Clinker	198.125.973,3
	Semen bulk	1.837.539.244,2
	Semen dari GPs	56.880.000,0
	Semen dari PPs	194.531.598,6
3	Biaya Transportasion (Rp)	
	Cement plant ke market	2.871.214.356,0
	Cement plant ke GP	79.253.647,0
	Cement plant ke PP	537.730.662,8
	Grinding plant ke market	53.975.400,0
	Packing plant ke market	470.683.266,3

Berdasarkan hasil optimasi tersebut, fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak satu (1) unit yaitu GP01

dimana GP01 ini material clinkernya dipasok dari CP03 sebesar 444.000 ton. Keputusan terkait fasilitas produksi grinding plant yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan dan atau ditutup ditunjukkan pada Lampiran M Tabel M.2 dan M.3. Fasilitas produksi *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan sebanyak sembilan (9) unit yaitu yaitu PP03, PP05, PP08, PP10, PP12, PP27, PP28, PP30 dan PP31. Seperti yang ditunjukkan pada Lampiran M Tabel M.4. Alokasi material antar fasilitas produksi dan pasokan dari fasilitas produksi yang melayani suatu zona *market* tertentu ditunjukkan pada Lampiran M Tabel M.5 sampai dengan M.8. Adanya skenario penurunan *demand* sebesar 15% ini diikuti peningkatan biaya total menjadi sebesar Rp 25.589.299.177,2 atau turun sebesar 0,89% dibandingkan dengan kondisi *demand original* (Tabel 5.9). Begitu juga diikuti dengan indikasi penurunan utilisasi pada fasilitas *integrated cement plant* dengan nilai tingkat utilisasi mencapai 65,1% (Tabel 5.31) dimana dengan kondisi sebelumnya tingkat utilisasi sebesar 76,6% (saat *demand original*). Penurunan tingkat utilisasi pada masing-masing fasilitas *integrated cement plant* ditunjukkan pada Tabel 5.32 di bawah ini.

Tabel 5. 32 Tabel utilisasi fasilitas integrated cement plant.

Cement Plant		Vol. pengiriman semen bag ke Market (ton)	Vol. pengiriman clinker ke GP (ton)	Vol. pengiriman semen bulk ke PP (ton)	Verifikasi	
					Volume (ton)	% Utilisasi
Tuban	CP01	9.075.000,00	-	480.000,00	**9.555.000,0**	65,0%
Rembang	CP02	1.950.000,00	-	-	**1.950.000,0**	65,0%
Padang	CP03	1.798.318,00	444.000,00	3.711.682,00	**6.110.000,0**	65,0%
Tonasa	CP04	4.202.487,00	-	607.513,00	**4.810.000,0**	65,0%
Tuban LHI	CP05	2.340.000,00	-	-	**2.340.000,0**	65,0%
Cilacap	CP06	2.210.000,00	-	-	**2.210.000,0**	65,0%
Narogong	CP07	3.877.924,00	-	22.076,00	**3.900.000,0**	65,0%
Lhok Nga	CP08	1.242.084,00	-	-	**1.242.084,0**	69,0%
TOTAL		**26.695.813,00**	**444.000,00**	**4.821.271,00**	**32.117.084,0**	

5.3.3 Trending perubahan *demand* terhadap utilisasi

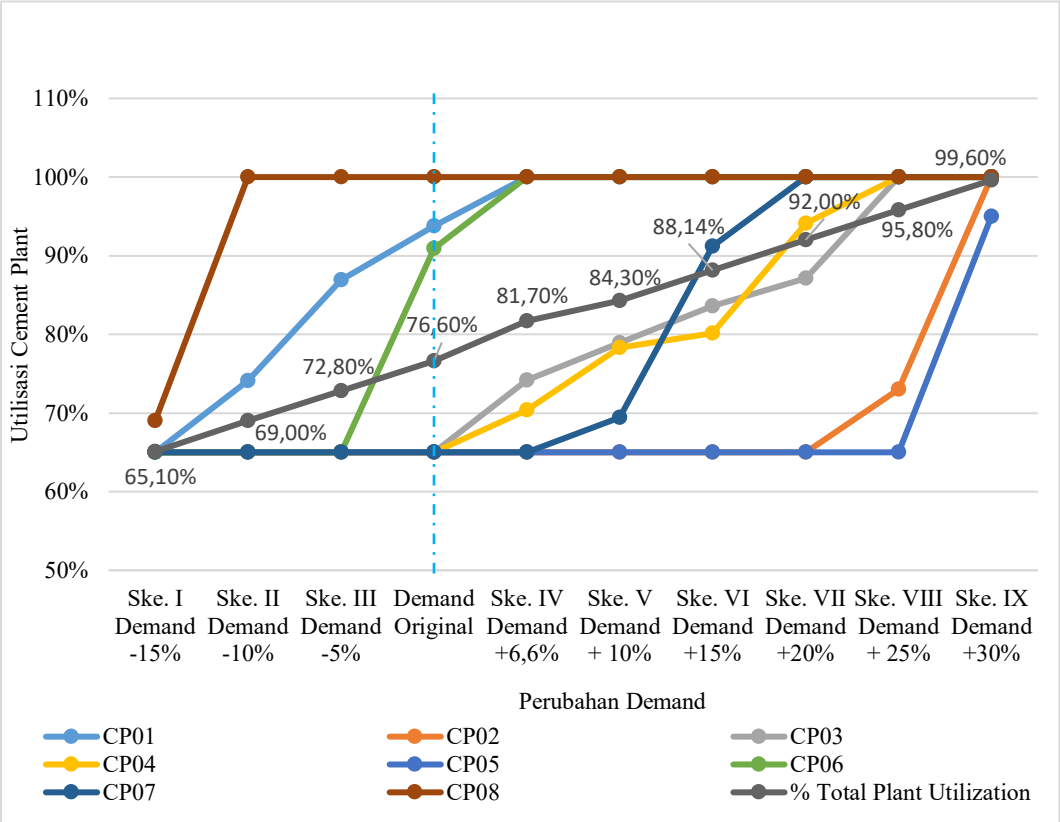
Hasil analisa sensitivitas respon jaringan rantai pasok pasca akuisisi dengan enam (6) skenario tingkat peningkatan *demand* dan tiga (3) skenario tingkat penurunan *demand* terhadap tingkat utilisasi fasilitas *integrated cement plant* dapat dilihat dalam Tabel 5.33 di bawah ini. Dari hasil ini dapat dilihat bahwa CP08 (Lhok

Nga) memiliki tingkat utilitas 100% sejak *demand* saat ini (*demand* original) sampai dengan semua skenario peningkatan *demand*. Hal ini dikarenakan kapasitas CP08 (Lhok Nga) sebesar 1,8 juta ton semen per tahun (Tabel 4.1) atau setara dengan 3,7% dari total kapasitas *integrated cement plant* secara keseluruhan sedangkan jumlah *demand* pada M1 (D.I Aceh) dan M2 (Sumut) sebesar 3,2 juta. Dari data hasil optimasi Tabel 5.6 bahwa sebesar 1,18 juta dialokasikan dari CP08 langsung menuju M1 dan sebesar 620 ribu ton dialokasikan secara langsung memasok M2. Jadi, jumlah produksi dari CP08 ini keseluruhannya direkomendasikan untuk memasok zona market M1 dan M2. Sedangkan pada zona market M2 ini masih belum sepenuhnya terpenuhi. Kekurangan pemenuhan *demand* pada M2 ini diambilkan dari dua (2) *packing plant* yaitu PP03 (Belawan) dan PP27 (Belawan-HIL) berdasarkan Tabel 5.8. Kedua *packing plant* ini untuk material semen curahnya dipasok dari CP03 (Padang) sesuai Tabel 5.6. Begitu juga pada skenario adanya penurunan *demand* sebesar 5% sampai dengan 10%, tingkat utilisasi pada CP08 (Lhok Nga) masih 100% karena besarnya demand pada area yang disupply CP08 yaitu M1 (D.I. Aceh) dan M2 (Sumatra Utara) masih melebihi kapasitas CP08. Fasilitas integrated cement plant yang lainnya yaitu CP01 (Tuban) sejak kondisi *demand* awal direkomendasikan untuk diutilisasi mencapai 93,8% dan meningkat menjadi 100% sejak saat skenario peningkatan *demand* sebesar 6,6%.

Tabel 5. 33 Trending skenario perubahan *demand* terhadap utilisasi

Cement Plant		Skenario Penurunan Demand			Demand Original	Skenario Peningkatan Demand					
		Ske. I Demand -15%	**Ske. II Demand -10%**	**Ske. III Demand -5%**		**Ske. IV Demand + 6,6%**	**Ske. V Demand + 10%**	**Ske. VI Demand +15%**	**Ske. VII Demand +20%**	**Ske. VIII Demand + 25%**	**Ske. IX Demand +30%**
Tuban	CP01	65,00%	74,10%	86,90%	93,80%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Rembang	CP02	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	73,00%	100,00%
Padang	CP03	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	74,20%	78,90%	83,61%	87,10%	100,00%	100,00%
Tonasa	CP04	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	70,40%	78,30%	80,17%	94,10%	100,00%	100,00%
Tuban LHI	CP05	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	95,00%
Cilacap	CP06	65,00%	65,00%	65,00%	90,90%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Narogong	CP07	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	65,00%	69,40%	91,18%	100,00%	100,00%	100,00%
Lhok Nga	CP08	69,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
% Total Plant Utilisasi		**65,10%**	**69,00%**	**72,80%**	**76,60%**	**81,70%**	**84,30%**	**88,14%**	**92,00%**	**95,80%**	**99,60%**

Kenaikan tingkat utilisasi pada masing-masing fasilitas produksi *integrated cement plant* dapat dilihat pada Grafik 5.1 sebagai berikut. Tingkat utilisasi total *integrated cement plant* dapat dilihat pada grafik berwarna abu-abu dengan label nilai tingkat utilisasi yang dimulai 76,6% kemudian meningkat sebesar 5,1% menjadi 81,7% untuk merespon peningkatan *demand* sebesar 6,6%, kemudian meningkat lagi sebesar 2,6% menjadi 84,3% untuk merespon peningkatan *demand* sebesar 5%, kemudian untuk selanjutnya akan meningkat lagi menjadi mendekati seratus persen yaitu 99,6 % untuk merespon peningkatan *demand* sebesar 30% terhadap *demand* awal. Dari grafik tersebut terlihat bahwa grafik tingkat utilisasi masing-masing fasilitas *cement plant* akan bergerak naik menuju titik 100% seiring dengan peningkatan *demand*.



Gambar 5.1 Grafik trending perubahan *demand* terhadap utilisasi

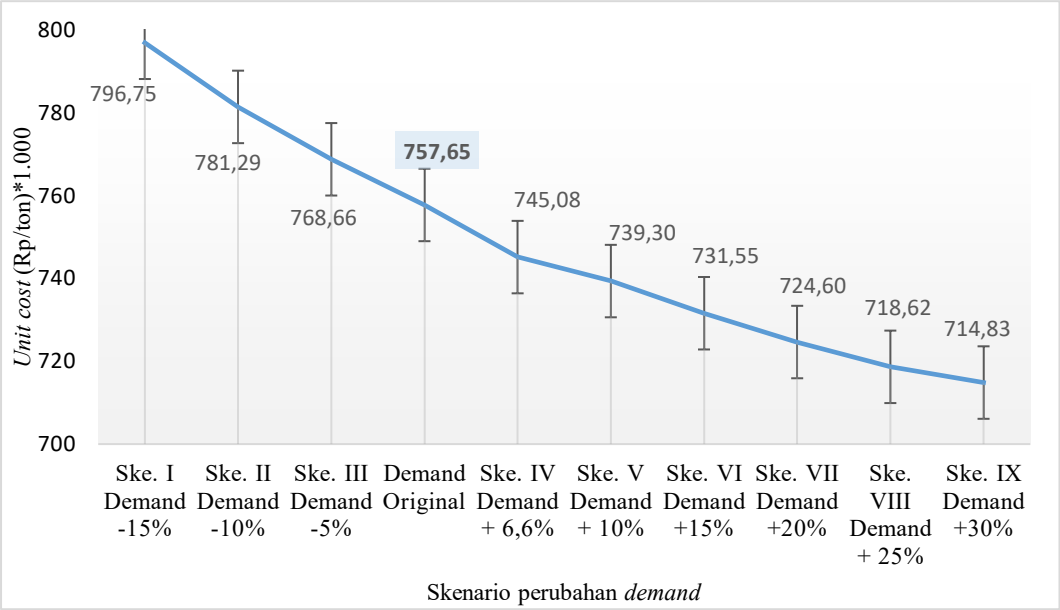
5.3.4 Trending perubahan *demand* terhadap biaya satuan (unit cost)

Sesuai dengan kerangka berfikir logis bahwa peningkatan *demand* juga akan diikuti dengan peningkatan total *cost* dalam jaringan rantai pasok. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan volume produksi sebagai respons untuk

memenuhi permintaan pelanggan (*demand fulfilment*) sehingga biaya total produksi dan biaya transportasi juga akan meningkat. Kemudian untuk mengetahui dampak peningkatan *demand* yang kemudian diikuti dengan peningkatan total *cost* terhadap biaya satuan per ton (*unit cost*) maka dapat dilihat dengan cara membagi total *cost* dengan total *demand*. Perubahan biaya satuan per ton seiring dengan peningkatan *demand* dalam ke-9 skenario direpresentasikan pada Tabel 5.34 dan Grafik 5.2 di bawah ini. Berdasarkan Tabel 5.34 dan grafik pada Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa biaya satuan per ton (*unit cost)* mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya jumlah produksi dalam rangka memenuhi *demand* yang meningkat.

Tabel 5. 34 Trending perubahan demand terhadap unit cost

	Skenario Penurunan Demand				Skenario Peningkatan Demand					
	Ske. I Demand -15%	Ske. II Demand -10%	Ske. III Demand -5%	Demand Original	Ske. IV Demand + 6,6%	Ske. V Demand + 10%	Ske. VI Demand +15%	Ske. VII Demand +20%	Ske. VIII Demand + 25%	Ske. IX Demand +30%
Total Cost (Rp x 1 M)	25.589,3	26.568,8	27.591,4	28.627,7	30.010,9	30.727,8	31.787,6	32.854,8	33.941,2	35.112,8
Total demand (x 1000)	32.117,1	34.006,3	35.895,6	37.784,8	40.278,6	41.563,3	43.452,5	45.341,7	47.231,0	49.120,2
Unit cost (Rp / ton)	796,750	781,289	768,658	757,651	745,082	739,302	731,547	724,604	718,622	714,833



Gambar 5.2 Grafik trending perubahan *demand* terhadap *unit cost*

BAB 6
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berikut ini adalah beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari studi dalam penelitian ini.

1. Direkomendasikan kepada perusahaan *holding* untuk melakukan konsolidasi terhadap seluruh fasilitas produksi yang dimiliki pasca akuisisi dalam memenuhi *demand* pada seluruh wilayah pemasaran di Indonesia. Dari hasil penelitian ini diperoleh angka indikatif potensi penghematan biaya yang paling optimal sebesar Rp 251,2 Milyar.
2. Dalam kondisi pasar yang *oversupplied* saat ini, hasil optimasi jaringan rantai pasok pasca akuisisi merekomendasikan bahwa total biaya yang paling efisien diperoleh dengan tetap mengoperasikan *intermediary facility grinding plant* sebanyak satu unit dan *packing plant* sebanyak 10 unit. Fasilitas *grinding plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan yaitu GP01 dan fasilitas *packing plant* yang direkomendasikan untuk tetap dioperasikan adalah PP03, PP05, PP08, PP9, PP10, PP12, PP27, PP28, PP30 dan PP31. Perusahaan dapat memenuhi total *demand* sebesar 37.784.802 ton semen yang tersebar di seluruh provinsi di Indonesia dengan tingkat utilisasi sebesar 76,6% dari total kapasitas *integrated cement plant*. Jumlah semen yang dipasok secara langsung menuju zona *market* dari *integrated cement plant* sebesar 31.597.777 ton atau sebesar 83,6%, dari *grinding plant* sebesar 600.000 ton atau sebesar 1,6%, dan dari *packing plant* sebesar 14,8%.
3. Model jaringan rantai pasok yang dikembangkan dalam studi ini masih ada fleksibilitas apabila ada alternatif keputusan lain oleh *top management* bahwa diperbolehkan untuk menutup fasilitas *integrated cement plant* pasca akuisisi. Apabila dikehendaki keputusan demikian maka parameter $MinOps_j^{\mathrm{CP}}$ yaitu tingkat produksi semen minimum setahun di *integrated cement plant j* diberi nilai nol (0).
4. Hasil analisa sensitivitas menunjukkan bahwa seiring dengan peningkatan jumlah *demand* maka akan diikuti dengan peningkatan total *cost* sebagai

respon untuk memenuhi jumlah *demand* yang meningkat tersebut sehingga utilisasi fasilitas produksi akan naik dan *demand fulfilment* juga akan naik. Namun, biaya satuan per ton (*unit cost* Rp/Ton) akan menurun seiring dengan peningkatan jumlah produksi.

6.2 Saran

Sesuai dengan *strategic fit* pada produk semen yang tergolong produk fungsional maka seluruh aktivitas di sepanjang *value chain* harus lebih fisien agar dapat meningkatkan daya saing perusahaan kecuali untuk tipe-tipe produk turunan semen tertentu yang lebih inovatif hasil *research and development* maka strategi rantai pasok yang tepat adalah responsif. Total *cost* dari hulu ke hilir dalam upaya *demand fulfilment* pada masing-masing zona *market* harus diupayakan seefisien mungkin. Hal ini dapat dicapai dengan cara sinergi dalam jaringan rantai pasok pasca akuisisi sehingga didapatkan total *cost* yang paling efisien.

Model jaringan rantai pasok pasca akuisisi yang telah dikembangkan ini dapat memberikan rekomendasi mengenai *point of supply* dan *optimal allocation* dalam memenuhi *demand* yang disertai keputusan untuk tetap mengoperasikan atau justru lebih baik menutup *intermediary facility* yang dimiliki. Untuk mendapatkan hasil yang optimal maka perlu dipastikan nilai parameter-parameter yang dipakai dalam model ini yang termasuk di dalamnya adalah biaya tetap. Identifikasi yang tepat atas biaya tetap yang ada pada setiap fasilitas produksi yang dimiliki akan meningkatkan valilditas hasil optimasi. Hal ini karena setiap fasilitas produksi yang dimiliki terutama *intermediary facility* adalah tidak sepenuhnya milik perusahaan, ada yang sebagian sewa lokasi dan bahkan ada yang asetnya adalah milik perusahaan yang lain.

6.3 Peluang untuk penelitian selanjutnya

Dalam penelitian ini ditemukan beberapa peluang untuk dilakukan eksplorasi penelitian lebih lanjut diantaranya:

a. Ketika total jumlah permintaan (*demand*) mengalami peningkatan melebihi total kapasitas produksi tahunan fasilitas *integrated cement plant* maka ada salah satu alternatif solusi dengan tanpa menambah kapasitas fasilitas

integrated cement plant. Hal ini dikarenakan penambahan kapasitas dengan pembangunan *integrated cement plant* membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu sekitar 30-36 bulan untuk kapasitas 2,5 juta ton semen per tahun (*multi years project*) yang di mulai dari pembangunan fisik yaitu akses jalan masuk lokasi, instalasi pasokan listrik dan penerangan, instalasi pasokan air, *land clearing*, *cut and fill* lahan tapak pabrik, pondasi dan bangunan (*concrete and steel structure*), *mechanical erection*, *electrical and instrumentation installation*, *production process automation and laboratorium installation* sampai dengan fase commissioning (*white tag, blue tag, red tag, hot test* dan *performance guarantee test* / PGT) dan fase komersial. Durasi waktu 30 – 36 bulan tersebut adalah dimulai dari *milestone* proyek yang disebut *effective date* yaitu penandatanganan kontrak *main equipment*. *Precedence activity* untuk sampai *signed contract of main equipment* ini juga membutuhkan waktu berbulan-bulan bahkan bisa sampai dengan setahun yang dimulai dari fase pemilihan *main equipment*, penyusunan dokumen tender *main equipment* (*Information for Bid* / IFB), pemilihan calon vendor *main equipment* (*beauty contest*), process tender *main equipment*, process evaluasi teknis dan komersil dan penunjukan pemenang vendor *main equipment*. Setelah *signed contract*, maka *main equipment vendor* akan membuatkan *basic design* dan *detail design* sesuai *scope of contract* dan dari data-data hasil fase *engineering* ini akan dikirimkan ke pemilik proyek di antaranya yang berupa *load drawing* sebagai dasar desain pondasi dan struktur bangunan pabrik, *motor control center* (MCC) *list* sebagai dasar desain *electrical power distribution*, dokumen fabrikasi (*Buyer's scope based on seller drawing* / BSD) untuk peralatan yang akan difabrikasi lokal dan atau dokumen *equipment specification* (*Buyer's scope based on seller's specification* / BSS) untuk dilakukan pembelian lokal. Jadi dibutuhkan waktu yang cukup lama untuk pembangunan fasilitas *integrated cement plant* yang baru.

Alternatif solusi atas permasalahan tersebut di atas adalah dengan melakukan *outsource* material yang bisa berupa *clinker* atau semen curah selama dalam waktu pembangunan fasilitas baru *integrated cement plant*. Material ini bisa dikirim ke fasilitas *grinding plant* dan atau *packing plant* yang

dimiliki. Penentuan material apa (apakah *clinker* dan atau semen curah) yang akan dipasok secara *outrsource* dan dialokasikan ke fasilitas yang manakah merupakan permasalahan yang bisa dijadikan pengembangan penelitian dari topik penelitian ini. Fungsi tujuannya tetap sama yaitu meminimalkan total biaya dalam memenuhi demand di seluruh wilayah zona market yang dipasok dari seluruh fasilitas yang dimiliki.

b. Ketika *brand* produk dari perusahaan yang diakuisisi ini tetap ada yang juga beredar di pasar bersama *brand* dari produk perusahaan yang mengakuisisi. *Brand* dari perusahaan yang diakuisisi bisa tetap menggunakan *brand* yang lama atau *brand* baru hasil *rebranding*. Hal ini patut dipertimbangkan mengingat adanya potensi pelanggan yang loyal terhadap suatu *brand*. Pada kondisi seperti ini maka permasalahan yang bisa diangkat dalam penelitian selanjutnya adalah bagaimana memaksimalkan profit perusahaan dengan mengoptimalkan sebaran *brand* pada masing-masing zona *market*.

DAFTAR PUSTAKA

Andres, B., Sanchis, R., Lamothe, J., Saari, L., Hauser, F. (2017), "Integrated production-distribution planning optimization models: A review in collaborative networks context", *International Journal of Production Management and Engineering*, Vol. 5, No. 1, p. 31-38. Doi: 10.4995/ijpme.2017.6807.

Amorim, P., Günther, H.O. & Almada-Lobo, B. (2012), "Multi-objective integrated production and distribution planning of perishable products", *International Journal of Production Economics.* 138. pp. 89-101. Doi: 10.1016/j.ijpe.2012.03.005.

Ballou, R.H. (2007), "The evolution and future of logistics and supply chain management", *European Business Review*, Vol. 19 lss 4, pp. 332-348. doi: 10.1108/09555340710760152.

Beamon, B.M. (1998), "Supply chain design and analysis: Models and methods", *International Journal of Production Economics*, 55, pp. 281-294. doi: 10.1016/S0925-5273(98)00079-6.

Bilgen, B. and Ozkarahan, I. (2004), "Strategic tactical and operational production-distribution models: a review", *Int. J. Technology Management*, Vol. 28, No. 2, pp. 151-171. doi: 10.1504/IJTM.2004.005059.

Chanchaichujit, J., Rosas, J.S., Quaddus, M. and West, M. (2011), "The use of an optimisation model to design a green supply chain: A case study of the Thai rubber industry", *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 27 lss 2, pp. - . doi: 10.1108/IJLM-10-2013-0121.

Chandra, P. and Fisher, M.L. (1994), "Coordination of production and distribution planning", *European Journal of Operational Research*, Vol. 64, pp.83–102. doi: 10.1016/0377-2217(94)90419-7.

Chen, Z. (2004), 'Integrated production and distribution operations: taxonomy, models, review', Handbook of Quantitative Supply chain Analysis: Modelling in the E-Business Era, Kluwer Academic Publishers.

Chen, M. and Wang, W. (1997), “A linear programming model for integrated steel production and distribution planning”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17, No. 6, pp. 592-610. doi: 10.1108/01443579710167276

Chopra, S & Meindl, P. (2016). “Supply Chain Management. Strategy, Planning & Operation”. Six Edition – Global Edition.

Colicchia, C., Melacini, M. and Perotti, S. (2016), “Benchmarking supply chain Benchmarking supply chain sustainability: insights from a field study”, *The Benchmarking: An International Journal*, Vol. 18, No. 5, pp. 705-2011 . doi: 10.1108/14635771111166839.

Daskin, M.S., (2013), *Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications*, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.

Dhaenens, F.C. and Finke, G. (2001), “An integrated model for an industrial production-distribution problem”, *IIE Transactions*, Vol. 33, pp.705–715. doi: 10.1080/07408170108936867.

Erengùç, S.S., Simpson, N.C. and Vakharia, A.J. (1999), “Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review”, *European Journal of Operational Research*, 115, pp. 219-236. doi: 10.1016/S0377-2217(98)90299-5

Fahimnia, B., Luong, L. and Marian, R. (2008), “Optimization/simulation modeling of the integrated production-distribution plan: an innovative survey”, *WSEAS Transactions on Business and Economics*, Vol. 5, No. 3, pp.44–57. doi: 10.1108/IJLM-03-2014-0047.

Fisher, M. (1997). “What Is the Right Supply Chain for Your Product?”. Harvard Business Review, 75(2), 105-116.

Garside, A.K. and Rusdiansyah, A. (2010), “An integrated model for production, inventory and distribution problem with direct shipment”, *Int. J. Business Performance and Supply Chain Modelling*, Vol. 2, No. 1, pp. 44-60. doi: 10.1504/IJBPSCM.2010.034469

Georgiadis, Michael & Tsiakis, Panagiotis & Longinidis, Pantelis & Sofioglou, Maria. (2011). “Optimal design of supply chain networks under uncertain transient demand variations”. Omega. 39. 254-272. 10.1016/j.omega.2010.07.002.

Ghosh, D. and Mondal, S. (2018), “An integrated production-distribution planning of dairy industry – a case study”, *Int. J. Logistics Systems and Management*, Vol. 30, No. 2, pp.225–245. Doi: 10.1504/IJLSM.2018.091963

Ghosh, D. and Mondal, S. (2017), “An integrated production-distribution planning with transshipment between warehouses”, *Int. J. Advanced Operations Management*, Vol. 9, No. 1, pp.23–36. Doi: 10.1504/IJAOM.2017.10006422

Goetschalckx, M., Vidal, C.J. and Dogan, K. (2002), “Modeling and design of global logistics systems: A review of integrated strategic and tactical models and design algorithms”, *European Journal of Operational Research*, 143, pp. 1-18. doi: 10.1016/S0377-2217(02)00142-X

Goetschalckx, M. and Vidal, C.J. (1997), “Strategic production-distribution models: A critical review with emphasis on global supply chain models”, *European Journal of Operational Research*, 98, pp. 1-18. doi: 10.1016/S0377-2217(97)80080-X

Guan, W. and Rehme, J. (2012), “Vertical integration in supply chains: driving forces and consequences for a manufacturer's downstream integration”, *Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 17 Iss 2 pp. 187 – 201*. Doi: 10.1108/13598541211212915.

Haq, A.N. and Kannan, G. (2006), “Two-echelon distribution-inventory supply chain model for the bread industry using genetic algorithm”, *Int. J. Logistics Systems and Management*, Vol. 2, No. 2, pp.39–49. doi: 10.1504/IJLSM.2006.009558

Haq, A.N., Vrat, P. and Kanda, A. (1991), “An integrated production-inventory-distribution model for manufacturing of urea: a case”, *International Journal of Production Economics*, Vol. 39, pp.39–49. doi: 10.1016/0925-5273(91)90129-H

Kazemi, A., Zarandi, M.H.F. and Azizmohammadi, M. (2017), “A hybrid search approach in production-distribution planning problem in supply chain using multi-agent systems”, *Int. J. Operational Research*, Vol. 28, No. 4, pp.506–527. doi: 10.1504/IJOR.2017.10003468

Klibi, Walid & Martel, Alain & Guitouni, Adel. (2010). The Design of Robust Value-Creating Supply Chain Networks. European Journal of Operational Research. 35. 283-293. 10.1016/j.ejor.2009.06.011.

Klose, A. and Drexl, A. (2005), “Facility location models for distribution system design”, *European Journal of Operational Research*, 162, pp. 4-29. doi: 10.1016/j.ejor.2003.10.031.

Landeghem, H.V. and Vanmaele, H. (2002), “Robust planning: a new paradigm for demand chain planning”, *Journal of Operations Management,* Vol. 20, pp. 769-783. 10.1016/S0272-6963(02)00039-6

Lee, H.Y. and Kim, S.H. (2002), “Production-distribution planning in supply chain considering capacity constraints”, *Compuiters & Industrial Engineering, Vol. 43, pp. 169-190.* Doi: 10.1016/S0360-8352(02)00063-3

Lemoine, A.D. and Larsen, T.S. (2004), “Reconfiguration of supply chains and implications for transport”, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 34, No. 10, pp. 793-819.* Doi: 10.1108/09600030410571365.

Martin, C.H, Dent, D.C. and Eckhart, J.C. (1993), “Integrated Production, Distribution, and Inventory Planning at Libbey-Owens-Ford”, *Interfaces,* Vol. 23, No. 3, pp.68–78. *Doi*: 10.1287/inte.23.3.68

Meinecke, C. and Reiter, B.S. (2014), “A representation scheme for integrated production and outbound distribution models”, *Int. J. Logistics Systems and Management, Vol. 18, No. 3, pp. 283-301. doi:* 10.1504/IJLSM.2014.062817

Memari, A., Rahim, A.R.A. and Ahmad, R.B. (2015), “An Integrated Production-Distribution Planning in Green Supply Chain: A multi-objective evolutionary approach”, *Procedia CIRP*, 26, No. 3, pp.700–705. *doi:*

10.1016/j.procir.2015.03.006

Nobil, A.H. and Taleizadeh, A.A. (2016), “Analysing a fuzzy integrated inventory-production-distribution planning problem with maximum NPV of cash flows in a closed-loop supply chain”, *Int. J. Inventory Research, Vol. 3, No. 1, pp. 31-48*. doi: 10.1504/IJIR.2016.077449

Nonino, F. and Panizzolo, R. (2007),"Integrated production/distribution planning in the supply chain: the Febal case study", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 12 Iss 2, pp. 150 – 163. doi: 10.1108/13598540710737334

Papageorgiou, L.G., Rotstein, G.E. and Shah, N. (2001), “Strategic Supply Chain Optimization for the Pharmaceutical Industries”, *Ind. Eng. Chem. Res*, 40, pp. 275-286. doi: 10.1021/ie990870t

Park, Y.W., Shintaku, J. and Hong, P. (2015), “Effective supply chain integration: case studies for Korean global firms in China”, *Int. J. Manufacturing Technology and Management*, Vol. 29, Nos. 3/4, pp.161–179.

Prakash, S., Soni, G. & Jain, V. (2018), “Multisite aggregate production and distribution planning: a review”, *Int. J. Enterprise Network Management*, Vol. 9, Nos. 3/4, pp. 407-434. Doi: 10.1504/IJENM.2018.094680

Pujawan, I. N., & Mahendrawati, E. R. (2017), *Supply Chain Management*, Edisi 3, Penerbit ANDI, Yogyakarta.

Sarmiento, A. M. and Nagi, R. (1999), “A review of integrated analysis of production-distribution systems”, *IIE Transactions*, Vol. 31, pp.1061–1074. Doi: 10.1023/A:1007623508610

Shapiro, J.F. (2004), “Challenges of strategic supply chain planning and modeling”, *Computers and Chemical Engineering*, 28, pp. 855-861. doi: 10.1016/j.compchemeng.2003.09.013

Simchi-levi, D., Kaminsky, P. and Simchi-levi, E. (2004), Managing the supply chain – The definitive guide for the business professional, New York, pp. 116-118.

Simchi-Levi, D., Kaminski, P., & Simchi-Levi, E. (2008). *Desaigning and Managing The Supply Chain: Concepts, Strategies and Case Studies*, 3rd Edition, Irwin Mc Graw-Hill.

Thomas, D.J. and Griffin, P.M. (1996), "Coordinated supply chain management", *European Journal of Operational Research*, Vol. 94, pp.1–15. Doi: 10.1016/0377-2217(96)00098-7

Tsiakis, P. and Papageorgiou, L.G. (2008), "Optimal production allocation and distribution supply chain networks", *International Journal of Production Economics*, 111, pp. 468-483. doi: 10.1016/j.ijpe.2007.02.035

Tsiakis, P., Shah, N. and Pantelides, C.C. (2001), "Design of Multi-echelon Supply Chain Networks under Demand Uncertainty", *Ind. Eng. Chem. Res*, 40, pp. 3585-3604. doi: 10.1021/ie0100030.

Yu, V.F., Normasari, N.M.E. & Luong, H.T. (2015). integrated location-production-distribution planning in a multiproducts supply chain network design model. *Mathematical Problems in Engineering*. Vol. 2015. Doi: 10.1155/2015/473172.

Lambiase, A. *et al.* (2013), "Strategic Planning and Design of Supply Chains: a Literature Review", *International Journal of Engineering Business Management.* Vol. 5. Doi: 10.5772/56858

New: Altiparmak, F., Gen, M., Lin. L., and Karaoglan, I., (2009). A steady-state genetic algorithm for multi-product supply chain network design. Computers & Industrial Engineering. 56. 521-537. 10.1016/j.cie.2007.05.012.

Taxakis, K. & Papadopoulos, C. (2016). A design model and a production–distribution and inventory planning model in multi-product supply chain networks,*Int. J. of Production Research*. DOI:10.1080/00207543.2016.1158882.

LAMPIRAN A - Tabel lanjutan

Tabel 4.7, ***Lanjutan.***

C_{jm}^{T} **(Ribu Rp/Ton)**		D.I. Aceh	Sumut	Sumbar	Riau	Kep. Riau	Bengkulu	Jambi	Sumsel	Bangka - Belitung	Lampung	Banten	D. K. I. Jakarta	Jabar	Jateng	D. I Y.	Jatim	Bali	Kalbar	Kalteng	Kalsel	Kaltim	Kaltara	Sulsel	Sulbar	Sulteng	Gorontalo	Sulut	Sultera	Maluku	Maluku Utara	Papua Barat	Papua	N. T. B.	N. T. T.
		M 1	**M 2**	**M 3**	**M 4**	**M 5**	**M 6**	**M 7**	**M 8**	**M 9**	**M 10**	**M 11**	**M 12**	**M 13**	**M 14**	**M 15**	**M 16**	**M 17**	**M 18**	**M 19**	**M 20**	**M 21**	**M 22**	**M 23**	**M 24**	**M 25**	**M 26**	**M 27**	**M 28**	**M 29**	**M 30**	**M 31**	**M 32**	**M 33**	**M 34**
PP Banjarmasin	**PP 13**	474	422	488	375	334	415	312	271	203	263	223	199	193	183	211	141	151	135	117	109	141	176	213	224	235	247	259	320	399	419	566	594	156	163
PP Balikpapan	**PP 14**	498	443	512	394	351	436	327	285	213	276	235	209	203	192	221	148	166	149	134	130	113	135	224	190	264	317	345	362	453	476	642	674	191	206
PP Sorong	**PP 15**	553	525	685	584	555	651	566	538	517	511	496	446	379	303	322	258	219	502	366	319	303	285	276	301	226	230	219	221	166	141	106	185	197	168
PP Celukan Bawang	**PP 16**	671	616	541	409	470	378	356	323	356	344	321	301	253	228	187	131	87	195	174	161	192	211	157	172	209	252	230	190	188	198	226	227	126	155
PP Makassar	**PP 17**	786	727	651	526	584	497	476	446	476	465	227	206	188	170	155	141	128	219	170	211	155	175	88	105	110	178	168	88	151	165	280	275	121	149
PP Mamuju	**PP 18**	859	818	732	592	657	559	536	501	536	523	255	232	211	192	174	158	144	246	191	238	154	156	119	91	94	108	147	168	180	159	263	258	193	234
PP Biringkasi	**PP 19**	809	749	670	542	602	512	490	459	490	479	234	212	193	176	160	145	132	226	175	218	176	200	117	97	82	140	182	130	155	170	288	283	124	153
PP Palu	**PP 20**	818	779	697	564	626	532	510	477	510	498	243	221	201	183	166	151	137	235	182	226	147	166	108	86	61	127	165	146	190	183	277	272	138	167
PP Kendari	**PP 21**	821	760	680	550	610	519	497	466	497	486	237	216	196	178	162	147	134	239	186	230	169	184	107	145	109	144	173	88	160	155	232	244	133	156
PP Ambon	**PP 22**	838	775	694	561	623	530	507	475	507	505	266	244	221	205	186	169	146	275	213	265	202	221	128	185	140	173	208	132	93	136	154	174	214	204
PP Bitung	**PP 23**	514	444	587	434	413	546	416	408	388	427	399	322	316	294	329	256	230	271	263	255	199	203	192	165	140	119	95	173	208	148	219	306	320	336
PP Maluku Utara	**PP 24**	591	510	675	499	475	628	479	469	446	492	459	371	363	338	378	294	264	312	303	294	229	234	165	193	168	161	148	155	141	106	164	221	311	326
PP Samarinda	**PP 25**	597	531	615	473	421	523	393	341	256	331	282	251	243	231	266	178	199	178	160	156	113	130	230	196	166	253	276	276	476	331	514	539	229	258
PP Lhoksumaue-HIL	**PP 26**	85	104	332	332	345	394	453	423	372	358	314	329	352	338	357	377	396	287	440	416	455	459	444	455	474	493	488	459	508	513	649	525	420	429
PP Belawan-HIL	**PP 27**	112	88	395	110	149	423	358	339	335	304	282	296	317	304	321	339	356	258	396	374	409	413	400	409	427	444	439	413	457	461	584	473	378	386
PP Dumai-HIL	**PP 28**	197	145	415	90	126	414	138	172	167	246	279	286	325	323	353	385	405	294	450	426	465	470	455	465	485	505	500	470	520	525	664	538	430	439
PP Batam-HIL	**PP 29**	199	159	298	154	121	435	165	254	144	267	271	278	298	286	302	319	335	243	372	352	385	389	376	385	401	417	413	389	430	434	549	444	355	363
PP Lampung-HIL	**PP 30**	377	339	159	253	261	145	153	104	130	83	126	138	189	237	249	296	311	343	397	378	436	378	426	445	426	494	475	485	533	475	554	536	370	389
PP Pontianak-HIL	**PP 31**	302	272	438	204	153	411	177	168	118	302	260	219	219	226	237	197	207	102	114	131	135	142	224	235	270	251	271	235	317	364	528	518	262	276

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN B - *Script* LINGO

```
MODEL:

! Supply Chain Network Design to Adjust with Acquisition of
  Competitor: Case Study of a Cement Company in Indonesia
  Roi Budi Setiyawan - 02411850077011
=====================================================================
Indexes and terminoligies used in this program
  CP        = Cement Plant with index j (j=1..8)
  GP        = Grinding Plant with index k (k=1..3)
  CF        = Clinker factor, convertion value of clinker volume
              needed to produce cement
  PP        = Packing Plant with index l (l=1..31)
  M         = Market to be supplied with index m (m=1..34)
  FCOST     = Fixed cost
  UPRODCOST = Unit production cost
  TCOST     = Transportation cost
  CP2M      = Cement plant to Market
  PCOST     = Production cost
  All CPs are assumed to be operated but decision to close/open
  only applies to GPs & PPs
=====================================================================
;

SETS:

! The SETS section describes the general data structure;
! Each cementplant has a design capacity and minimum production;
   CEMENTPLANT /CP1..CP8/   : CAPACITY_CP, MINPROD_CP;
! Each grindingplant has a capacity, fixed cost dan decision to
  open/close;
   GRINDINGPLANT /GP1..GP3/: CAPACITY_GP, FCOST_OPEN_GP,
                             FCOST_CLOSE_GP, OPEN_GP;
! Each packingplant has a capacity, fixed cost dan decision to
  open/close;
   PACKINGPLANT /PP1..PP31/: CAPACITY_PP, FCOST_OPEN_PP,
                             FCOST_CLOSE_PP, OPEN_PP;
! Each market in 34 province has a targeted demand fulfilment;
   MARKET /M1..M34/         : DEMAND;

! A combination of facility to facility and facility to market
  has a cost/unit produced. cost/unit shipped and amount shipped;
  LINK_CP2M (CEMENTPLANT,MARKET)        : UPRODCOST_CP_CMT,
                                          TCOST_CP2M, VOLUME_CP2M;
  LINK_CP2GP(CEMENTPLANT,GRINDINGPLANT): UPRODCOST_CP_CLI,
                                          TCOST_CP2GP,VOLUME_CP2GP;
  LINK_CP2PP(CEMENTPLANT,PACKINGPLANT) : UPRODCOST_CP_BULK,
                                          TCOST_CP2PP,VOLUME_CP2PP;
  LINK_GP2M (GRINDINGPLANT,MARKET)      : UPRODCOST_GP,
                                          TCOST_GP2M, VOLUME_GP2M;
  LINK_PP2M (PACKINGPLANT,MARKET)       : UPRODCOST_PP,
                                          TCOST_PP2M, VOLUME_PP2M;
```

```
ENDSETS

!(3.17) Objective function;
  [TTL_ANNUALIZED_COST] MIN = TOT_FCOST_CP + FCOGP + FCSGP + FCOPP
                              + FCSPP + PCOST_CMTCP2M
                              + PCOST_CLICP2GP + PCOST_CMTCP2PP
                              + PCOST_CMTGP2M + PCOST_CMTPP2M
                              + TCP2M + TCP2GP + TCP2PP + TGP2M
                              + TPP2M ;

!Fixed Cost;
!Fixed cost for operating Grinding Plant-k (FCOGP);
 FCOGP = @SUM(GRINDINGPLANT(K): FCOST_OPEN_GP(K)* OPEN_GP( K));
!Fixed cost for shutting down Grinding Plant-k (FCSGP);
 FCSGP = @SUM(GRINDINGPLANT(K): FCOST_CLOSE_GP(K)*(1-OPEN_GP(K)));
!Fixed cost for operating Packing Plant-l (FCOGP);
 FCOPP = @SUM( PACKINGPLANT(L): FCOST_OPEN_PP( L) * OPEN_PP( L));
!Fixed cost for shutting down Packing Plant-l (FCSGP);
 FCSPP = @SUM(PACKINGPLANT(L): FCOST_CLOSE_PP( L)*(1-OPEN_PP(L)));

!Production Cost;
!Production cost of cement at Cement Plant-j to supply Market-m;
  PCOST_CMTCP2M = @SUM( LINK_CP2M( J, M) : UPRODCOST_CP_CMT( J, M)
                  * VOLUME_CP2M( J, M));
!Production cost of clinker at Cement Plant-j to supply Grinding
 Plant-k;
  PCOST_CLICP2GP = @SUM( LINK_CP2GP(J,K): UPRODCOST_CP_CLI(J,K)
                  * VOLUME_CP2GP( J, K));
!Production cost of cement-bulk at Cement Plant-j to supply
 Packing Plant-l;
  PCOST_CMTCP2PP = @SUM( LINK_CP2PP( J, L):UPRODCOST_CP_BULK(J,L)
                  * VOLUME_CP2PP( J, L));
!Grinding cost of clinker at Grinding Plant-k to supply Market-m;
  PCOST_CMTGP2M = @SUM( LINK_GP2M( K, M) : UPRODCOST_GP( K, M)
                  * VOLUME_GP2M( K, M));
!Packing cost of cement at Packing Plant-l to supply Market-m;
  PCOST_CMTPP2M = @SUM( LINK_PP2M( L, M) : UPRODCOST_PP( L, M)
                  * VOLUME_PP2M( L, M));

!Transportation cost;
!Transportation cost of cement from Cement Plant-j to supply
 Market-m;
  TCP2M = @SUM( LINK_CP2M( J, M): TCOST_CP2M ( J, M)
          * VOLUME_CP2M( J, M));

!Transportation cost of clinker from Cement Plant-j to supply
 Grinding Plant-k;
  TCP2GP = @SUM( LINK_CP2GP( J, K): TCOST_CP2GP( J, K)
          * VOLUME_CP2GP( J, K));

!Transportation cost of cement bulk from Cement Plant-j to supply
 Packing Plant-l;
  TCP2PP = @SUM( LINK_CP2PP( J, L): TCOST_CP2PP( J, L)
          * VOLUME_CP2PP( J, L));

!Transportation cost of cement from Grinding Plant-k to supply
 Market-m;
  TGP2M = @SUM( LINK_GP2M( K, M): TCOST_GP2M( K, M)
```

```
          * VOLUME_GP2M( K, M));

!Transportation cost of cement from Packing Plant-l to supply
 Market-m;
  TPP2M = @SUM( LINK_PP2M( L, M): TCOST_PP2M( L, M)
          * VOLUME_PP2M( L, M));

!Constraints;
!(3.1) The supply constraint.
 Part-1:Total volume shipped out from CP j must be <= Cap. CP j;

  @FOR( CEMENTPLANT ( J):
   @SUM( LINK_CP2M(J,M): VOLUME_CP2M(J,M))+ @SUM( LINK_CP2PP(J,L):
    VOLUME_CP2PP( J, L)) + @SUM( LINK_CP2GP( J, K):
     VOLUME_CP2GP( J, K)/CF) <= CAPACITY_CP( J));

 !Part-2:Total volome shipped out from CP j must be >= Min. Prod.
  CP j;

  @FOR( CEMENTPLANT ( J):
   @SUM( LINK_CP2M(J,M): VOLUME_CP2M(J,M))+ @SUM( LINK_CP2PP(J,L):
    VOLUME_CP2PP( J, L)) + @SUM( LINK_CP2GP( J, K):
     VOLUME_CP2GP( J, K)/CF) >= MINPROD_CP( J));

!(3.2) The infrastructure Grinding Plant facility constraint.
       There is a flow from CP j to GP k if GP k is operated and
       volume shipped out from CP j to GP k must be <= Cap GP k;

  @FOR( GRINDINGPLANT ( K):
   @SUM (LINK_CP2GP ( J, K): VOLUME_CP2GP( J, K)/CF) <=
     CAPACITY_GP( K)*OPEN_GP( K);
   ! Make OPEN_GP binary (0/1);
     @BIN (OPEN_GP( K)); );

!(3.3) The infrastructure Packing Plant facility constraint.
       There is a flow from CP j to PP l if PP l is operated and
       volume shipped out from CP j to PP l must be <= Cap PP l;

  @FOR( PACKINGPLANT ( L):
   @SUM( LINK_CP2PP( J, L): VOLUME_CP2PP( J, L)) <=
     CAPACITY_PP( L)*OPEN_PP( L);
   ! Make OPEN_PP binary (0/1);
     @BIN ( OPEN_PP ( L)); );

!(3.4) The demand constraint. Volume shipped into Market m must
equal demand at Market m;

  @FOR( MARKET ( M):
   @SUM( LINK_CP2M( J, M): VOLUME_CP2M(J,M))+
    @SUM( LINK_PP2M (L,M): VOLUME_PP2M( L, M))
    + @SUM( LINK_GP2M( K, M): VOLUME_GP2M( K, M)) = DEMAND( M));

!(3.5) The synchronizing at Grinding Plant constraint.
       Volume of equal-cement that going to GP k must equal
       to that cement product going out of GP k;

  @FOR( GRINDINGPLANT ( K):
   @SUM( LINK_CP2GP( J, K): VOLUME_CP2GP(J,K)/CF) =
```

```
     @SUM( LINK_GP2M(K,M): VOLUME_GP2M(K,M)));

!(3.6) The synchronizing at Packing Plant constraint.
       Volume of cement that going to PP l must equal to that
       cement product going out of PP l;

  @FOR( PACKINGPLANT ( L):
   @SUM( LINK_CP2PP(J,L): VOLUME_CP2PP(J,L)) =
     @SUM(LINK_PP2M(L,M): VOLUME_PP2M(L,M)));

!(3.7)-(3.11) Nonnegativity constrains.;
!Volume product sent from CP to Market;
  @FOR( LINK_CP2M ( J, M): VOLUME_CP2M ( J, M) >=0 );
!Volume product sent from CP to GP;
  @FOR( LINK_CP2GP( J, K): VOLUME_CP2GP( J, K) >=0 );
!Volume product sent from CP to PP;
  @FOR( LINK_CP2PP( J, L): VOLUME_CP2PP( J, L) >=0 );
!Volume product sent from GP to Market;
  @FOR( LINK_GP2M ( K, M): VOLUME_GP2M ( K, M) >=0 );
!Volume product sent from PP to Market;
  @FOR( LINK_PP2M ( L, M): VOLUME_PP2M ( L, M) >=0 );

!(3.12) & (3.13) Integrality constrains.;
! All product volume represented in unit of Ton
! Cement product sent from CP, GP and PP to Market is integer
! Cement product sent from CP to PP is also integer
! Clinker product sent from CP to GP is fractional;

!Volume product sent from CP to Market;
  @FOR( LINK_CP2M ( J, M): @GIN( VOLUME_CP2M ( J, M)));
!Volume product sent from CP to PP;
  @FOR( LINK_CP2PP( J, L): @GIN( VOLUME_CP2PP( J, L)));
!Volume product sent from GP to Market;
  @FOR( LINK_GP2M ( K, M): @GIN( VOLUME_GP2M ( K, M)));
!Volume product sent from PP to Market;
  @FOR( LINK_PP2M ( L, M): @GIN( VOLUME_PP2M ( L, M)));

!Summary;
N_GPOPEN            = @SUM( GRINDINGPLANT( K): OPEN_GP( K));
N_GPCLOSE           = 3 - N_GPOPEN;
N_PPOPEN            = @SUM( PACKINGPLANT( L): OPEN_PP( L));
N_PPCLOSE           = 31 - N_PPOPEN;
TOT_VOLUME_CP2M     = @SUM( LINK_CP2M (J, M): VOLUME_CP2M ( J, M));
TOT_VOLUME_CP2GP    = @SUM( LINK_CP2GP(J, K): VOLUME_CP2GP( J, K));
TOT_VOLUME_CP2PP    = @SUM( LINK_CP2PP(J, L): VOLUME_CP2PP( J, L));
TOT_VOLUME_GP2M     = @SUM( LINK_GP2M (K, M): VOLUME_GP2M ( K, M));
TOT_VOLUME_PP2M     = @SUM( LINK_PP2M (L, M): VOLUME_PP2M ( L, M));
TOT_CAPACITY_CP     = @SUM( CEMENTPLANT: CAPACITY_CP);
TARGETTED_DEMAND    = @SUM( MARKET: DEMAND);
DEMAND_FULLFILLMENT= @SUM( LINK_CP2M ( J, M): VOLUME_CP2M( J, M))+
                     @SUM( LINK_PP2M ( L, M): VOLUME_PP2M( L, M))+
                     @SUM( LINK_GP2M ( K, M): VOLUME_GP2M( K, M));

! Here are the data for a specific instance;
DATA:
  CAPACITY_CP, MINPROD_CP, CAPACITY_GP, CF, TOT_FCOST_CP,
  FCOST_OPEN_GP, FCOST_CLOSE_GP,
  CAPACITY_PP, FCOST_OPEN_PP, FCOST_CLOSE_PP, DEMAND,
```

```
  UPRODCOST_CP_CMT, TCOST_CP2M, UPRODCOST_CP_CLI, TCOST_CP2GP,
  UPRODCOST_CP_BULK, TCOST_CP2PP, UPRODCOST_GP, TCOST_GP2M,
  UPRODCOST_PP, TCOST_PP2M
  = @OLE('D:\6. MAGISTER\4.2 LINGO\Roi Budi Setiyawan-Thesis-
     Worksheets - New');

  @OLE('D:\6. MAGISTER\4.2 LINGO\Roi Budi Setiyawan-Thesis-
   Worksheets - New')
   = OPEN_GP, OPEN_PP, VOLUME_CP2M, VOLUME_CP2GP, VOLUME_CP2PP,
     VOLUME_GP2M, VOLUME_PP2M, FCOGP, FCSGP, FCOPP, FCSPP,
     PCOST_CMTCP2M, PCOST_CLICP2GP, PCOST_CMTCP2PP,
     PCOST_CMTGP2M, PCOST_CMTPP2M, TCP2M, TCP2GP, TCP2PP, TGP2M,
     TPP2M, TTL_ANNUALIZED_COST, TOT_VOLUME_CP2M,
     TOT_VOLUME_CP2GP,TOT_VOLUME_CP2PP, TOT_VOLUME_GP2M,
     TOT_VOLUME_PP2M,N_GPOPEN, N_GPCLOSE, N_PPOPEN, N_PPCLOSE,
     TOT_CAPACITY_CP, TARGETTED_DEMAND, DEMAND_FULLFILLMENT;

ENDDATA
END
```

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN C- Optimasi jaringan *supply chain* perusahaan yang diakuisisi

Tabel C. 1 Biaya transportasi clinker dari cement plant *j* ke grinding plant *k.*

Cement Plant	Biaya transportasi Clinker dari Cement Plant j ke Grinding Plant k (Tons x 10.000)		Sub total
	GP2	GP3	
CP05	-	-	**-**
CP06	-	-	**-**
CP07	-	-	**-**
CP08	-	-	**-**
∑	-	-	**-**

Tabel C. 2 Persentase produk integrated cement plant yang langsung dikirim menuju market.

Cement Plant	**Pengiriman sement langsung market (ton) (a)**	**Pengiriman clinker ke GP (ton) (b)**	**Pengiriman semen bulk ke PP (ton) (c)**	**Sub Total (ton) (d)=(a)+(b)+(c)**	**% Utilisasi**	**% Pengiriman produksi langsung market (e) =(d/a)**
CP05	1.394.524,0	-	-	**1.394.524,0**	38,7%	100,0%
CP06	3.400.000,0	-	-	**3.400.000,0**	100,0%	100,0%
CP07	1.470.761,0	-	720.000,0	**2.190.761,0**	36,5%	67,1%
CP08	734.056,0	-	1.065.944,0	**1.800.000,0**	100,0%	40,8%
TOTAL	**6.999.341,0**	**-**	**1.785.944,0**	**8.785.285**		

Tabel C.3 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plants (Tons*10.000).

Q_{jl}^{CP} (Ton)	Packing Plant						Sub total
	PP 26	**PP 27**	**PP 28**	**PP 29**	**PP 30**	**PP 31**	
CP05	-	-	-	-	-	-	-
CP06	-	-	-	-	-	-	-
CP07	-	-	-	-	540.000,0	180.000,0	720.000,0
CP08	-	1.065.944,0	-	-	-	-	1.065.944,0
∑	**-**	**1.065.944,0**	**-**	**-**	**540.000,0**	**180.000,0**	**1785944**

Tabel C. 4 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke markets (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	119	13	-	0	-	4	0	1	-	1	-	0	-	-	-	-	-	-	-	**139**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	171	134	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	**340**
CP07	-	-	-	-	-	7	-	-	6	16	31	18	60	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**147**
CP08	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**73**
∑	**73**	**-**	**-**	**-**	**-**	**7**	**-**	**-**	**6**	**16**	**31**	**18**	**231**	**134**	**34**	**119**	**13**	**9**	**0**	**-**	**4**	**0**	**1**	**-**	**1**	**-**	**0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**1**	**-**	**700**

Tabel C. 5 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plant (GPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
GP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GP03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
∑	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**

Tabel C. 6 Jumlah semen yang dikirim dari packing plants (PPs) ke markets (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																										Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	…	28	29	30	31	32	33	34	
PP 26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 27	-	84,9	-	14,3	7,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**106,6**
PP 28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 30	-	-	-	-	-	-	1,0	13,1	-	40,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**54,0**
PP 31	-	-	-	-	9,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,3	-	-	-	-	-	-	-	-	**18,0**
∑	**-**	**84,9**	**-**	**14,3**	**17,0**	**-**	**1,0**	**13,1**	**-**	**40,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**8,3**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**178,6**

LAMPIRAN D- Optimasi jaringan *supply chain* perusahaan *holding* sebelum akuisisi

Tabel D. 1 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k.*

	Biaya transportasi Clinker dari Cement Plant j ke Grinding Plant k (Tons x 10.000)			Sub total
	GP1	GP2	GP3	
CP01	-	-	-	-
CP02	-	-	-	-
CP03	44,4	-	-	44,4
CP04	-	-	-	-
∑	**44,4**	**-**	**-**	**44,4**

Tabel D. 2 Persentase produk integrated cement plant yang langsung dikirim menuju market.

Cement Plant	Pengiriman sement langsung market (ton) (a)	Pengiriman clinker ke GP (ton) (b)	Pengiriman semen bulk ke PP (ton) (c)	Sub Total (ton) (d)=(a)+(b)+(c)	% Utilisasi	% Pengiriman produksi langsung market (e) =(d/a)
CP01	12.849.494,00	-	300.000,0	**13.149.494,0**	89,5%	97,7%
CP02	1.950.000,00	-	-	**1.950.000,0**	65,0%	100,0%
CP03	3.525.698,00	444.000,0	2.374.325,00	**6.500.023,0**	69,1%	54,2%
CP04	6.125.000,00	-	1.275.000,00	**7.400.000,0**	100,0%	82,8%
TOTAL	**24.450.192,0**	**444.000,0**	**3.949.325,0**	**28.999.517**		

Tabel D. 3 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke markets (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																	Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43	204	61	629	58	35	36	32	59	10	-	-	-	-	-	-	-	-	14	25	26	52	**1.285**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**195**
CP03	-	57	132	82	8	-	-	-	-	37	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**353**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	181	28	55	10	32	58	23	12	-	-	-	-	**613**
∑	**-**	**57**	**132**	**82**	**8**	**-**	**-**	**-**	**-**	**37**	**37**	**100**	**157**	**399**	**61**	**629**	**58**	**35**	**36**	**32**	**59**	**10**	**181**	**28**	**55**	**10**	**32**	**58**	**23**	**12**	**14**	**25**	**26**	**52**	**2.445**

Tabel D. 4 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke markets (Tons * 10.000).

Q_{jl}^{CP} (Ton)	Packing Plant																									Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP03	15,1	30,0	60,0	-	102,4	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**237,4**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	30,0	60,0	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**127,5**
∑	**15,1**	**30,0**	**60,0**	**-**	**102,4**	**-**	**30,0**	**30,0**	**60,0**	**37,5**	**-**	**30,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**394,9**

Tabel D. 5 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plant (GPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																	Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
GP01	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60**
∑	**-**	**-**	**-**	**60**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**60**

Tabel D. 6 Jumlah semen yang dikirim dari packing plants (PPs) ke markets (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP}	Market																									Sub
(Ton)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	…	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	total
PP 01	15,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**15,1**
PP 02	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 03	-	60,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 05	-	-	-	-	-	29,9	72,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**102,4**
PP 06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 07	-	-	-	-	-	-	-	21,4	-	8,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**37,5**
PP 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 12	-	-	-	-	25,4	-	-	-	4,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**45,1**	**60,0**	**-**	**-**	**25,4**	**29,9**	**72,5**	**21,4**	**4,6**	**8,6**	**67,5**	**60,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**394,9**

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN E - Skenario peningkatan *demand* 6,6%

Tabel E. 1 Data *demand* ketika terjadi peningkatan sebesar 6.6%

Demand		Target *demand fullfilment (Ton)*	*Demand*		Target *demand fullfilment (Ton)*
D.I. Aceh	M 1	1.262.836	Kalbar	M 18	561.015
Sumut	M 2	2.150.324	Kalteng	M 19	387.710
Sumbar	M 3	1.405.668	Kalsel	M 20	342.068
Riau	M 4	1.670.578	Kaltim	M 21	671.998
Kepulauan Riau	M 5	532.900	Kaltara	M 22	114.467
Bengkulu	M 6	394.556	Sulsel	M 23	1.943.748
Jambi	M 7	783.401	Sulbar	M 24	303.388
Sumsel	M 8	367.017	Sulteng	M 25	597.325
Bangka – Belitung	M 9	117.947	Gorontalo	M 26	105.575
Lampung	M 10	1.080.178	Sulut	M 27	347.244
Banten	M 11	1.439.191	Sultera	M 28	617.320
D. K. I. Jakarta	M 12	1.898.367	Maluku	M 29	243.486
Jabar	M 13	4.131.466	Maluku Utara	M 30	130.391
Jateng	M 14	5.680.321	Papua Barat	M 31	154.516
D. I. Y.	M 15	1.012.478	Papua	M 32	264.104
Jatim	M 16	7.967.514	N. T. B.	M 33	291.670
Bali	M 17	755.460	N. T. T.	M 34	552.371

Tabel E. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k*.

	Biaya transportasi Clinker dari Cement Plant j ke Grinding Plant k (Tons x 10.000)			Sub total
	GP1	GP2	GP3	
CP01	-	-	-	-
CP02	-	-	-	-
CP03	44,4	-	-	44,4
CP04	-	-	-	-
CP05	-	-	-	-
CP06	-	-	-	-
CP07	-	-	-	-
CP08	-	-	-	-
∑	44,4	-	-	44,4

Tabel E. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k*

Variabel		Grinding Plant		
		GP 01	GP 02	GP 03
Keputusan mengoperasikan	Y_K	1	0	0
Keputusan menutup	$(1-Y_K)$	0	1	1

Tabel E. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*

Packing Plant			Variabel	
			Operasi (Y_l)	Tutup ($1-Y_l$)
PP Malahayati	Aceh	PP 01	0	1
PP Lhoksumawe	Aceh	PP 02	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 03	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 04	0	1
PP Teluk Bayur	Sumatra Barat	PP 05	1	0
PP Bengkulu	Sumatra Barat	PP 06	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 07	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 08	1	0
PP Tanjung Priok	Jakarta Utara	PP 09	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 10	1	0
PP Banyuwangi	Jawa Timur	PP 11	0	1
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 12	1	0
PP Banjarmasin	Kalimantan Selatan	PP 13	0	1
PP Balikpapan	Kalimantan Timur	PP 14	0	1
PP Sorong	Papua Barat	PP 15	0	1
PP Celukan Bawang	Bali	PP 16	0	1
PP Makassar	Makassar	PP 17	0	1
PP Mamuju	Sulawesi Barat	PP 18	0	1
PP Biringkasi	Sulawesi Selatan	PP 19	0	1
PP Palu	Sulawesi Tengah	PP 20	0	1
PP Kendari	Sulawesi Tenggara	PP 21	0	1
PP Ambon	Maluku	PP 22	0	1
PP Bitung	Sulawesi Utara	PP 23	0	1
PP Maluku Utara	Maluku Utara	PP 24	0	1
PP Samarinda	Kalimantan Timur	PP 25	0	1
PP Lhoksumaue	Aceh	PP 26	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 27	1	0
PP Dumai	Riau	PP 28	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 29	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 30	1	0
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 31	1	0

Tabel E. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	373	101	563	76	56	39	34	43	11	-	-	-	-	-	-	-	-	15	26	29	55	**1.422**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**195**
CP03	-	-	141	50	17	-	-	-	-	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**261**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	194	30	60	11	35	62	24	13	-	-	-	-	**453**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**234**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**340**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	113	190	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**376**
CP08	126	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**180**
∑	**126**	**54**	**141**	**50**	**17**	**-**	**-**	**-**	**-**	**54**	**113**	**190**	**413**	**568**	**101**	**797**	**76**	**56**	**39**	**34**	**67**	**11**	**194**	**30**	**60**	**11**	**35**	**62**	**24**	**13**	**15**	**26**	**29**	**55**	**3.462**

Tabel E. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000).

Q_{jl}^{CP} (Ton)	Packing Plant																															Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,0	**48,0**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP03	-	-	60,0	-	117,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112,5	46,2	-	40,1	-	**376,6**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**67,5**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,9	-	**13,9**
CP08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**60,0**	**-**	**117,8**	**-**	**-**	**30,0**	**-**	**37,5**	**-**	**30,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**112,5**	**46,2**	**-**	**54,0**	**18,0**	**506,0**

Tabel E. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																	Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
GP01	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60**
GP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
GP03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**-**	**60**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**60**

Tabel E. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																										Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	…	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
PP 01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 03	-	48,8	-	11,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 05	-	-	-	-	-	39,5	78,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**117,8**
PP 06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 10	-	-	-	-	-	-	-	36,7	-	-	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**37,5**
PP 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 12	-	-	-	-	18,2	-	-	-	11,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 27	-	112,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**112,5**
PP 28	-	-	-	46,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**46,2**
PP 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**54,0**
PP 31	-	-	-	-	18,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**18,0**
∑	**-**	**161,3**	**-**	**57,4**	**36,2**	**39,5**	**78,3**	**36,7**	**11,8**	**54,0**	**30,8**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**506,0**

LAMPIRAN F - Skenario peningkatan *demand* 10%

Tabel F.1 Data *demand* ketika terjadi peningkatan sebesar 10%

Demand		Target *demand fullfilment (Ton)*	*Demand*		Target *demand fullfilment (Ton)*
D.I. Aceh	M 1	1.303.114	Kalbar	M 18	578.908
Sumut	M 2	2.218.908	Kalteng	M 19	400.076
Sumbar	M 3	1.450.502	Kalsel	M 20	352.979
Riau	M 4	1.723.861	Kaltim	M 21	693.431
Kepulauan Riau	M 5	549.897	Kaltara	M 22	118.118
Bengkulu	M 6	407.140	Sulsel	M 23	2.005.743
Jambi	M 7	808.387	Sulbar	M 24	313.065
Sumsel	M 8	378.723	Sulteng	M 25	616.376
Bangka – Belitung	M 9	121.709	Gorontalo	M 26	108.943
Lampung	M 10	1.114.630	Sulut	M 27	358.319
Banten	M 11	1.485.094	Sultera	M 28	637.009
D. K. I. Jakarta	M 12	1.958.915	Maluku	M 29	251.252
Jabar	M 13	4.263.239	Maluku Utara	M 30	134.550
Jateng	M 14	5.861.495	Papua Barat	M 31	159.445
D. I. Y.	M 15	1.044.771	Papua	M 32	272.527
Jatim	M 16	8.221.638	N. T. B.	M 33	300.973
Bali	M 17	779.555	N. T. T.	M 34	569.988

Tabel F.2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k*.

Biaya transportasi Clinker dari Cement Plant j ke Grinding Plant k (Tons x 10.000)				Sub total
	GP1	GP2	GP3	
CP01	-	-	-	-
CP02	-	-	-	-
CP03	44,4	-	-	44,4
CP04	-	-	-	-
CP05	-	-	-	-
CP06	-	-	-	-
CP07	-	-	-	-
CP08	-	-	-	-
∑	44,4	-	-	44,4

Tabel F. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k*

Variabel		Grinding Plant		
		GP 01	GP 02	GP 03
Keputusan mengoperasikan	Y_K	1	0	0
Keputusan menutup	$(1-Y_K)$	0	1	1

Tabel F. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*

Packing Plant			Variabel	
			Operasi (Yl)	Tutup (1-Yl)
PP Malahayati	Aceh	PP 01	0	1
PP Lhoksumawe	Aceh	PP 02	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 03	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 04	0	1
PP Teluk Bayur	Sumatra Barat	PP 05	1	0
PP Bengkulu	Sumatra Barat	PP 06	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 07	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 08	1	0
PP Tanjung Priok	Jakarta Utara	PP 09	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 10	1	0
PP Banyuwangi	Jawa Timur	PP 11	0	1
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 12	1	0
PP Banjarmasin	Kalimantan Selatan	PP 13	0	1
PP Balikpapan	Kalimantan Timur	PP 14	0	1
PP Sorong	Papua Barat	PP 15	0	1
PP Celukan Bawang	Bali	PP 16	0	1
PP Makassar	Makassar	PP 17	0	1
PP Mamuju	Sulawesi Barat	PP 18	0	1
PP Biringkasi	Sulawesi Selatan	PP 19	0	1
PP Palu	Sulawesi Tengah	PP 20	0	1
PP Kendari	Sulawesi Tenggara	PP 21	0	1
PP Ambon	Maluku	PP 22	0	1
PP Bitung	Sulawesi Utara	PP 23	0	1
PP Maluku Utara	Maluku Utara	PP 24	0	1
PP Samarinda	Kalimantan Timur	PP 25	0	1
PP Lhoksumaue	Aceh	PP 26	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 27	1	0
PP Dumai	Riau	PP 28	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 29	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 30	1	0
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 31	1	0

Tabel F. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke markets (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	391	89	588	78	58	40	35	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	16	27	30	57	**1.422**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**195**
CP03	-	-	145	66	19	-	-	-	-	57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**288**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69	-	201	31	62	11	36	64	25	13	-	-	-	-	**512**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**234**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	325	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**340**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	119	196	101	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**416**
CP08	130	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**180**
∑	**130**	**50**	**145**	**66**	**19**	**-**	**-**	**-**	**-**	**57**	**119**	**196**	**426**	**586**	**104**	**822**	**78**	**58**	**40**	**35**	**69**	**12**	**201**	**31**	**62**	**11**	**36**	**64**	**25**	**13**	**16**	**27**	**30**	**57**	**3.587**

Tabel F. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000).

Q_{jl}^{CP} (Ton)	Packing Plant																															Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,0	**48,0**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP03	-	-	60,0	-	121,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112,5	46,2	-	54,0	-	**394,3**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**67,5**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**60,0**	**-**	**121,6**	**-**	**-**	**30,0**	**-**	**37,5**	**-**	**30,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**112,5**	**46,2**	**-**	**54,0**	**18,0**	**509,8**

Tabel F. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																	Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
GP01	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60**
GP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
GP03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**-**	**60**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**60**

Tabel F. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																										Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	…	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
PP 01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 03	-	60,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 05	-	-	-	-	-	40,7	80,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**121,6**
PP 06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 08	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-	29,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 10	-	-	-	-	-	-	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**37,5**
PP 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 12	-	-	-	-	17,8	-	-	-	12,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 27	-	112,2	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**112,5**
PP 28	-	-	-	46,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**46,2**
PP 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**54,0**
PP 31	-	-	-	-	18,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**18,0**
∑	**-**	**172,2**	**-**	**46,5**	**35,8**	**40,7**	**80,8**	**37,9**	**12,2**	**54,0**	**29,6**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**509,8**

LAMPIRAN G - Skenario peningkatan *demand* 15%

Tabel G.1 Data *demand* ketika terjadi peningkatan sebesar 15%

Demand		Target *demand fullfilment (Ton)*	*Demand*		Target *demand fullfilment (Ton)*
D.I. Aceh	M 1	1.362.346	Kalbar	M 18	605.222
Sumut	M 2	2.319.768	Kalteng	M 19	418.262
Sumbar	M 3	1.516.433	Kalsel	M 20	369.023
Riau	M 4	1.802.218	Kaltim	M 21	724.951
Kepulauan Riau	M 5	574.892	Kaltara	M 22	123.487
Bengkulu	M 6	425.647	Sulsel	M 23	2.096.913
Jambi	M 7	845.132	Sulbar	M 24	327.295
Sumsel	M 8	395.937	Sulteng	M 25	644.394
Bangka – Belitung	M 9	127.241	Gorontalo	M 26	113.895
Lampung	M 10	1.165.295	Sulut	M 27	374.607
Banten	M 11	1.552.598	Sultera	M 28	665.964
D. K. I. Jakarta	M 12	2.047.957	Maluku	M 29	262.673
Jabar	M 13	4.457.022	Maluku Utara	M 30	140.666
Jateng	M 14	6.127.926	Papua Barat	M 31	166.692
D. I. Y.	M 15	1.092.260	Papua	M 32	284.915
Jatim	M 16	8.595.349	N. T. B.	M 33	314.654
Bali	M 17	814.990	N. T. T.	M 34	595.897

Tabel G.2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k*.

Biaya transportasi Clinker dari Cement Plant j ke Grinding Plant k (Tons x 10.000)				Sub total
	GP1	GP2	GP3	
CP01	-	-	-	-
CP02	-	-	-	-
CP03	44,4	-	-	44,4
CP04	-	-	-	-
CP05	-	-	-	-
CP06	-	-	-	-
CP07	-	-	-	-
CP08	-	-	-	-
∑	44,4	-	-	44,4

Tabel G.3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k*

Variabel		Grinding Plant		
		GP 01	GP 02	GP 03
Keputusan mengoperasikan	Y_K	1	0	0
Keputusan menutup	$(1-Y_K)$	0	1	1

Tabel G.4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*

Packing Plant			Variabel	
			Operasi (Yl)	Tutup (1-Yl)
PP Malahayati	Aceh	PP 01	0	1
PP Lhoksumawe	Aceh	PP 02	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 03	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 04	0	1
PP Teluk Bayur	Sumatra Barat	PP 05	1	0
PP Bengkulu	Sumatra Barat	PP 06	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 07	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 08	1	0
PP Tanjung Priok	Jakarta Utara	PP 09	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 10	1	0
PP Banyuwangi	Jawa Timur	PP 11	0	1
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 12	1	0
PP Banjarmasin	Kalimantan Selatan	PP 13	0	1
PP Balikpapan	Kalimantan Timur	PP 14	0	1
PP Sorong	Papua Barat	PP 15	0	1
PP Celukan Bawang	Bali	PP 16	0	1
PP Makassar	Makassar	PP 17	0	1
PP Mamuju	Sulawesi Barat	PP 18	0	1
PP Biringkasi	Sulawesi Selatan	PP 19	0	1
PP Palu	Sulawesi Tengah	PP 20	0	1
PP Kendari	Sulawesi Tenggara	PP 21	0	1
PP Ambon	Maluku	PP 22	0	1
PP Bitung	Sulawesi Utara	PP 23	0	1
PP Maluku Utara	Maluku Utara	PP 24	0	1
PP Samarinda	Kalimantan Timur	PP 25	0	1
PP Lhoksumaue	Aceh	PP 26	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 27	1	0
PP Dumai	Riau	PP 28	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 29	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 30	1	0
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 31	1	0

Tabel G. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																	Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	418	-	626	81	61	42	37	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	28	31	60	**1.422**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**195**
CP03	-	16	152	74	22	-	-	-	-	63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**326**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	12	210	33	64	11	37	67	26	14	-	-	-	-	**526**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**234**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	231	-	109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**340**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	127	205	215	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**547**
CP08	136	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**180**
∑	**136**	**59**	**152**	**74**	**22**	**-**	**-**	**-**	**-**	**63**	**127**	**205**	**446**	**613**	**109**	**860**	**81**	**61**	**42**	**37**	**72**	**12**	**210**	**33**	**64**	**11**	**37**	**67**	**26**	**14**	**17**	**28**	**31**	**60**	**3.770**

Tabel G. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000).

Q_{jl}^{CP} (Ton)	Packing Plant																															Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,0	**48,0**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP03	-	-	60,0	-	127,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112,5	46,2	-	54,0	-	**399,8**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**67,5**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**60,0**	**-**	**127,1**	**-**	**-**	**30,0**	**-**	**37,5**	**-**	**30,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**112,5**	**46,2**	**-**	**54,0**	**18,0**	**515,3**

Tabel G. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																	Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
GP01	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60**
GP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
GP03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**-**	**60**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**60**

Tabel G. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																										Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	…	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
PP 01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 03	-	60,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 05	-	-	-	-	-	42,6	84,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**127,1**
PP 06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 08	-	-	-	-	-	-	-	2,1	-	-	27,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 10	-	-	-	-	-	-	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**37,5**
PP 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 12	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 27	-	112,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**112,5**
PP 28	-	-	-	46,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**46,2**
PP 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**54,0**
PP 31	-	-	-	-	5,3	-	-	-	12,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**18,0**
∑	**-**	**172,5**	**-**	**46,2**	**35,3**	**42,6**	**84,5**	**39,6**	**12,7**	**54,0**	**27,9**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**515,3**

LAMPIRAN H - Skenario peningkatan *demand* 20%

Tabel H. 1 Data *demand* ketika terjadi peningkatan sebesar 20%

Demand		Target *demand fullfilment (Ton)*	*Demand*		Target *demand fullfilment (Ton)*
D.I. Aceh	M 1	1.421.579	Kalbar	M 18	631.536
Sumut	M 2	2.420.627	Kalteng	M 19	436.447
Sumbar	M 3	1.582.365	Kalsel	M 20	385.067
Riau	M 4	1.880.575	Kaltim	M 21	756.470
Kepulauan Riau	M 5	599.888	Kaltara	M 22	128.856
Bengkulu	M 6	444.153	Sulsel	M 23	2.188.084
Jambi	M 7	881.877	Sulbar	M 24	341.525
Sumsel	M 8	413.152	Sulteng	M 25	672.411
Bangka – Belitung	M 9	132.774	Gorontalo	M 26	118.846
Lampung	M 10	1.215.960	Sulut	M 27	390.894
Banten	M 11	1.620.103	Sultera	M 28	694.919
D. K. I. Jakarta	M 12	2.136.998	Maluku	M 29	274.093
Jabar	M 13	4.650.806	Maluku Utara	M 30	146.782
Jateng	M 14	6.394.358	Papua Barat	M 31	173.940
D. I. Y.	M 15	1.139.750	Papua	M 32	297.303
Jatim	M 16	8.969.059	N. T. B.	M 33	328.334
Bali	M 17	850.424	N. T. T.	M 34	621.805

Tabel H. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k*.

	Biaya transportasi Clinker dari Cement Plant j ke Grinding Plant k (Tons x 10.000)			Sub total
	GP1	GP2	GP3	
CP01	-	-	-	-
CP02	-	-	-	-
CP03	44,4	-	-	44,4
CP04	-	-	-	-
CP05	-	-	-	-
CP06	-	-	-	-
CP07	-	-	-	-
CP08	-	-	-	-
∑	44,4	-	-	44,4

Tabel H. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k*

Variabel		Grinding Plant		
		GP 01	GP 02	GP 03
Keputusan mengoperasikan	Y_K	1	0	0
Keputusan menutup	$(1-Y_K)$	0	1	1

Tabel H. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*

Packing Plant			Variabel	
			Operasi (Yl)	Tutup (1-Yl)
PP Malahayati	Aceh	PP 01	0	1
PP Lhoksumawe	Aceh	PP 02	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 03	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 04	0	1
PP Teluk Bayur	Sumatra Barat	PP 05	1	0
PP Bengkulu	Sumatra Barat	PP 06	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 07	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 08	1	0
PP Tanjung Priok	Jakarta Utara	PP 09	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 10	1	0
PP Banyuwangi	Jawa Timur	PP 11	0	1
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 12	1	0
PP Banjarmasin	Kalimantan Selatan	PP 13	0	1
PP Balikpapan	Kalimantan Timur	PP 14	0	1
PP Sorong	Papua Barat	PP 15	0	1
PP Celukan Bawang	Bali	PP 16	0	1
PP Makassar	Makassar	PP 17	0	1
PP Mamuju	Sulawesi Barat	PP 18	0	1
PP Biringkasi	Sulawesi Selatan	PP 19	0	1
PP Palu	Sulawesi Tengah	PP 20	0	1
PP Kendari	Sulawesi Tenggara	PP 21	0	1
PP Ambon	Maluku	PP 22	0	1
PP Bitung	Sulawesi Utara	PP 23	0	1
PP Maluku Utara	Maluku Utara	PP 24	0	1
PP Samarinda	Kalimantan Timur	PP 25	0	1
PP Lhoksumaue	Aceh	PP 26	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 27	1	0
PP Dumai	Riau	PP 28	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 29	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 30	1	0
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 31	1	0

Tabel H. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	444	-	663	85	63	44	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17	30	33	4	**1.422**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**195**
CP03	-	32	158	82	25	-	-	-	-	68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**365**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76	13	219	34	67	12	39	69	27	15	-	-	-	58	**629**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**234**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	226	-	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**340**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	136	214	239	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**589**
CP08	142	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**180**
∑	**142**	**70**	**158**	**82**	**25**	**-**	**-**	**-**	**-**	**68**	**136**	**214**	**465**	**639**	**114**	**897**	**85**	**63**	**44**	**39**	**76**	**13**	**219**	**34**	**67**	**12**	**39**	**69**	**27**	**15**	**17**	**30**	**33**	**62**	**3.953**

Tabel H. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000).

Q_{jl}^{CP} (Ton)	Packing Plant																															Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,0	**48,0**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP03	-	-	60,0	-	132,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112,5	46,2	-	42,6	-	**393,9**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**67,5**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,4	-	**11,4**
CP08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**60,0**	**-**	**132,6**	**-**	**-**	**30,0**	**-**	**37,5**	**-**	**30,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**112,5**	**46,2**	**-**	**54,0**	**18,0**	**520,8**

Tabel H. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																	Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
GP01	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60**
GP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
GP03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**-**	**60**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**60**

Tabel H. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																										Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	…	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
PP 01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 03	-	60,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 05	-	-	-	-	-	44,4	88,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**132,6**
PP 06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 08	-	-	-	-	-	-	-	3,8	-	-	26,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 10	-	-	-	-	-	-	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**37,5**
PP 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 12	-	-	-	-	16,7	-	-	-	13,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 27	-	112,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**112,5**
PP 28	-	-	-	46,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**46,2**
PP 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**54,0**
PP 31	-	-	-	-	18,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**18,0**
∑	**-**	**172,5**	**-**	**46,2**	**34,7**	**44,4**	**88,2**	**41,3**	**13,3**	**54,0**	**26,2**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**520,8**

LAMPIRAN I - Skenario peningkatan *demand* 25%

Tabel I. 1 Data *demand* ketika terjadi peningkatan sebesar 25%

Demand		Target *demand fullfilment (Ton)*	*Demand*		Target *demand fullfilment (Ton)*
D.I. Aceh	M 1	1.480.811	Kalbar	M 18	657.850
Sumut	M 2	2.521.486	Kalteng	M 19	454.632
Sumbar	M 3	1.648.297	Kalsel	M 20	401.112
Riau	M 4	1.958.933	Kaltim	M 21	787.990
Kepulauan Riau	M 5	624.883	Kaltara	M 22	134.225
Bengkulu	M 6	462.659	Sulsel	M 23	2.279.254
Jambi	M 7	918.622	Sulbar	M 24	355.756
Sumsel	M 8	430.367	Sulteng	M 25	700.428
Bangka – Belitung	M 9	138.306	Gorontalo	M 26	123.798
Lampung	M 10	1.266.625	Sulut	M 27	407.181
Banten	M 11	1.687.607	Sultera	M 28	723.874
D. K. I. Jakarta	M 12	2.226.040	Maluku	M 29	285.514
Jabar	M 13	4.844.590	Maluku Utara	M 30	152.898
Jateng	M 14	6.660.789	Papua Barat	M 31	181.187
D. I. Y.	M 15	1.187.240	Papua	M 32	309.690
Jatim	M 16	9.342.770	N. T. B.	M 33	342.015
Bali	M 17	885.858	N. T. T.	M 34	647.714

Tabel I. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k*.

Biaya transportasi Clinker dari Cement Plant j ke Grinding Plant k (Tons x 10.000)				Sub total
	GP1	GP2	GP3	
CP01	-	-	-	-
CP02	-	-	-	-
CP03	44,4	-	-	44,4
CP04	-	-	-	-
CP05	-	-	-	-
CP06	-	-	-	-
CP07	-	-	-	-
CP08	-	-	-	-
∑	44,4	-	-	44,4

Tabel I. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k*

Variabel		Grinding Plant		
		GP 01	GP 02	GP 03
Keputusan mengoperasikan	Y_K	1	0	0
Keputusan menutup	$(1-Y_K)$	0	1	1

Tabel I. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*

Packing Plant			Variabel	
			Operasi (Yl)	Tutup (1-Yl)
PP Malahayati	Aceh	PP 01	0	1
PP Lhoksumawe	Aceh	PP 02	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 03	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 04	0	1
PP Teluk Bayur	Sumatra Barat	PP 05	1	0
PP Bengkulu	Sumatra Barat	PP 06	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 07	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 08	0	1
PP Tanjung Priok	Jakarta Utara	PP 09	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 10	1	0
PP Banyuwangi	Jawa Timur	PP 11	0	1
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 12	1	0
PP Banjarmasin	Kalimantan Selatan	PP 13	0	1
PP Balikpapan	Kalimantan Timur	PP 14	0	1
PP Sorong	Papua Barat	PP 15	0	1
PP Celukan Bawang	Bali	PP 16	0	1
PP Makassar	Makassar	PP 17	0	1
PP Mamuju	Sulawesi Barat	PP 18	0	1
PP Biringkasi	Sulawesi Selatan	PP 19	0	1
PP Palu	Sulawesi Tengah	PP 20	0	1
PP Kendari	Sulawesi Tenggara	PP 21	0	1
PP Ambon	Maluku	PP 22	1	0
PP Bitung	Sulawesi Utara	PP 23	0	1
PP Maluku Utara	Maluku Utara	PP 24	0	1
PP Samarinda	Kalimantan Timur	PP 25	0	1
PP Lhoksumaue	Aceh	PP 26	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 27	1	0
PP Dumai	Riau	PP 28	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 29	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 30	1	0
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 31	1	0

Tabel I. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																	Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	447	-	700	89	66	45	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	4	-	**1.422**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	219	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**219**
CP03	-	48	165	90	28	-	-	-	-	116	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**463**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	79	13	228	36	70	12	41	72	8	15	-	-	30	65	**670**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**234**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	221	-	119	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**340**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	114	223	263	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**600**
CP08	148	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**180**
∑	**148**	**80**	**165**	**90**	**28**	**-**	**-**	**-**	**-**	**116**	**131**	**223**	**484**	**666**	**119**	**934**	**89**	**66**	**45**	**40**	**79**	**13**	**228**	**36**	**70**	**12**	**41**	**72**	**8**	**15**	**-**	**31**	**34**	**65**	**4.128**

Tabel I. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000).

Q_{jl}^{CP} (Ton)	Packing Plant																															Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,0	**48,0**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP03	-	-	60,0	-	138,1	-	-	-	-	5,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112,5	46,2	-	54,0	-	**416,7**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**70,4**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**60,0**	**-**	**138,1**	**-**	**-**	**-**	**-**	**37,5**	**-**	**30,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**38,8**	**-**	**-**	**-**	**-**	**112,5**	**46,2**	**-**	**54,0**	**18,0**	**535,1**

Tabel I. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																	Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
GP01	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60**
GP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
GP03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**-**	**60**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**60**

Tabel I. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																										Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	…	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
PP 01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 03	-	60,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 05	-	-	-	-	-	46,3	91,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**138,1**
PP 06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**37,5**
PP 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 12	-	-	-	-	16,2	-	-	-	13,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,6	-	18,1	-	-	-	**38,8**
PP 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 27	-	112,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**112,5**
PP 28	-	-	-	46,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**46,2**
PP 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 30	-	-	-	-	-	-	-	43,0	-	11,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**54,0**
PP 31	-	-	-	-	18,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**18,0**
∑	**-**	**172,5**	**-**	**46,2**	**34,2**	**46,3**	**91,9**	**43,0**	**13,8**	**11,0**	**37,5**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**20,6**	**-**	**18,1**	**-**	**-**	**-**	**535,1**

LAMPIRAN J - Skenario peningkatan *demand* 30%

Tabel J. 1 Data *demand* ketika terjadi peningkatan sebesar 30%

Demand		Target *demand fullfilment (Ton)*	*Demand*		Target *demand fullfilment (Ton)*
D.I. Aceh	M 1	1.540.043	Kalbar	M 18	684.164
Sumut	M 2	2.622.346	Kalteng	M 19	472.817
Sumbar	M 3	1.714.229	Kalsel	M 20	417.156
Riau	M 4	2.037.290	Kaltim	M 21	819.509
Kepulauan Riau	M 5	649.878	Kaltara	M 22	139.594
Bengkulu	M 6	481.166	Sulsel	M 23	2.370.424
Jambi	M 7	955.367	Sulbar	M 24	369.986
Sumsel	M 8	447.581	Sulteng	M 25	728.445
Bangka – Belitung	M 9	143.838	Gorontalo	M 26	128.750
Lampung	M 10	1.317.290	Sulut	M 27	423.468
Banten	M 11	1.755.111	Sultera	M 28	752.829
D. K. I. Jakarta	M 12	2.315.081	Maluku	M 29	296.934
Jabar	M 13	5.038.373	Maluku Utara	M 30	159.014
Jateng	M 14	6.927.221	Papua Barat	M 31	188.435
D. I. Y.	M 15	1.234.729	Papua	M 32	322.078
Jatim	M 16	9.716.481	N. T. B.	M 33	355.695
Bali	M 17	921.293	N. T. T.	M 34	673.622

Tabel J. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant *j* ke grinding plant *k.*

Biaya transportasi Clinker dari Cement Plant j ke Grinding Plant k (Tons x 10.000)				Sub total
	GP1	GP2	GP3	
CP01	-	-	-	-
CP02	-	-	-	-
CP03	44,4	-	-	44,4
CP04	-	-	-	-
CP05	-	-	-	-
CP06	-	-	-	-
CP07	-	-	-	-
CP08	-	-	-	-
∑	44,4	-	-	44,4

Tabel J. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k*

Variabel		Grinding Plant		
		GP 01	GP 02	GP 03
Keputusan mengoperasikan	Y_K	1	0	0
Keputusan menutup	$(1-Y_K)$	0	1	1

Tabel J. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*

Packing Plant			Variabel	
			Operasi (Yl)	Tutup (1-Yl)
PP Malahayati	Aceh	PP 01	0	1
PP Lhoksumawe	Aceh	PP 02	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 03	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 04	0	1
PP Teluk Bayur	Sumatra Barat	PP 05	1	0
PP Bengkulu	Sumatra Barat	PP 06	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 07	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 08	1	0
PP Tanjung Priok	Jakarta Utara	PP 09	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 10	1	0
PP Banyuwangi	Jawa Timur	PP 11	0	1
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 12	1	0
PP Banjarmasin	Kalimantan Selatan	PP 13	0	1
PP Balikpapan	Kalimantan Timur	PP 14	0	1
PP Sorong	Papua Barat	PP 15	0	1
PP Celukan Bawang	Bali	PP 16	0	1
PP Makassar	Makassar	PP 17	0	1
PP Mamuju	Sulawesi Barat	PP 18	0	1
PP Biringkasi	Sulawesi Selatan	PP 19	0	1
PP Palu	Sulawesi Tengah	PP 20	0	1
PP Kendari	Sulawesi Tenggara	PP 21	0	1
PP Ambon	Maluku	PP 22	0	1
PP Bitung	Sulawesi Utara	PP 23	0	1
PP Maluku Utara	Maluku Utara	PP 24	0	1
PP Samarinda	Kalimantan Timur	PP 25	0	1
PP Lhoksumaue	Aceh	PP 26	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 27	1	0
PP Dumai	Riau	PP 28	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 29	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 30	1	0
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 31	1	0

Tabel J. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	393	-	630	92	68	47	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	32	36	67	**1.426**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**300**
CP03	-	64	171	98	31	-	-	-	-	122	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**487**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	82	14	237	37	73	13	42	75	30	16	-	-	-	-	**669**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	342	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**342**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	266	-	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**340**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	108	232	238	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**577**
CP08	154	26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**180**
∑	**154**	**90**	**171**	**98**	**31**	**-**	**-**	**-**	**-**	**122**	**108**	**232**	**504**	**693**	**123**	**972**	**92**	**68**	**47**	**42**	**82**	**14**	**237**	**37**	**73**	**13**	**42**	**75**	**30**	**16**	**19**	**32**	**36**	**67**	**4.320**

Tabel J. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000).

Q_{jl}^{CP} (Ton)	Packing Plant																															Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,0	**44,1**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP03	-	-	60,0	-	143,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112,5	46,2	-	31,1	-	**393,5**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	37,5	-	3,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**71,4**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22,9	-	**22,9**
CP08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**60,0**	**-**	**143,7**	**-**	**-**	**30,0**	**-**	**37,5**	**-**	**30,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**112,5**	**46,2**	**-**	**54,0**	**18,0**	**531,9**

Tabel J. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
GP01	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60**
GP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
GP03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**-**	**60**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**60**

Tabel J. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																										Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	…	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
PP 01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PP 02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 03	-	27,7	-	32,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 05	-	-	-	-	-	37,0	73,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**143,7**
PP 06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 09	-	-	-	-	-	-	-	34,4	11,1	14,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**37,5**
PP 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 12	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 27	-	112,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**112,5**
PP 28	-	-	-	46,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**46,2**
PP 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**54,0**
PP 31	-	-	-	-	18,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**18,0**
∑	**-**	**140,2**	**-**	**78,5**	**48,0**	**37,0**	**73,5**	**34,4**	**11,1**	**68,5**	**67,5**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**531,9**

LAMPIRAN K - Skenario penurunan *demand* 5%

Tabel K. 1 Data *demand* ketika terjadi penurunan sebesar 5%

Demand		Target *demand fullfilment (Ton)*	*Demand*		Target *demand fullfilment (Ton)*
D.I. Aceh	M 1	1.125.416	Kalbar	M 18	499.966
Sumut	M 2	1.916.330	Kalteng	M 19	345.520
Sumbar	M 3	1.252.706	Kalsel	M 20	304.845
Riau	M 4	1.488.789	Kaltim	M 21	598.872
Kepulauan Riau	M 5	474.911	Kaltara	M 22	102.011
Bengkulu	M 6	351.621	Sulsel	M 23	1.732.233
Jambi	M 7	698.153	Sulbar	M 24	270.374
Sumsel	M 8	327.079	Sulteng	M 25	532.325
Bangka – Belitung	M 9	105.113	Gorontalo	M 26	94.087
Lampung	M 10	962.635	Sulut	M 27	309.458
Banten	M 11	1.282.581	Sultera	M 28	550.144
D. K. I. Jakarta	M 12	1.691.790	Maluku	M 29	216.991
Jabar	M 13	3.681.888	Maluku Utara	M 30	116.203
Jateng	M 14	5.062.200	Papua Barat	M 31	137.702
D. I. Y.	M 15	902.302	Papua	M 32	235.365
Jatim	M 16	7.100.505	N. T. B.	M 33	259.931
Bali	M 17	673.252	N. T. T.	M 34	492.263

Tabel K. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant j ke grinding plant k.

Biaya transportasi Clinker dari Cement Plant j ke Grinding Plant k (Tons x 10.000)				Sub total
	GP1	GP2	GP3	
CP01	-	-	-	-
CP02	-	-	-	-
CP03	44,4	-	-	44,4
CP04	-	-	-	-
CP05	-	-	-	-
CP06	-	-	-	-
CP07	-	-	-	-
CP08	-	-	-	-
∑	44,4	-	-	44,4

Tabel K. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Grinding Plant k*

Variabel		Grinding Plant		
		GP 01	GP 02	GP 03
Keputusan mengoperasikan	Y_K	1	0	0
Keputusan menutup	$(1-Y_K)$	0	1	1

Tabel K. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*

Packing Plant			Variabel	
			Operasi (Yl)	Tutup (1-Yl)
PP Malahayati	Aceh	PP 01	0	1
PP Lhoksumawe	Aceh	PP 02	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 03	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 04	0	1
PP Teluk Bayur	Sumatra Barat	PP 05	1	0
PP Bengkulu	Sumatra Barat	PP 06	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 07	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 08	1	0
PP Tanjung Priok	Jakarta Utara	PP 09	1	0
PP Ciwandan	Banten	PP 10	1	0
PP Banyuwangi	Jawa Timur	PP 11	0	1
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 12	1	0
PP Banjarmasin	Kalimantan Selatan	PP 13	0	1
PP Balikpapan	Kalimantan Timur	PP 14	0	1
PP Sorong	Papua Barat	PP 15	0	1
PP Celukan Bawang	Bali	PP 16	0	1
PP Makassar	Makassar	PP 17	0	1
PP Mamuju	Sulawesi Barat	PP 18	0	1
PP Biringkasi	Sulawesi Selatan	PP 19	0	1
PP Palu	Sulawesi Tengah	PP 20	0	1
PP Kendari	Sulawesi Tenggara	PP 21	0	1
PP Ambon	Maluku	PP 22	0	1
PP Bitung	Sulawesi Utara	PP 23	0	1
PP Maluku Utara	Maluku Utara	PP 24	0	1
PP Samarinda	Kalimantan Timur	PP 25	0	1
PP Lhoksumaue	Aceh	PP 26	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 27	1	0
PP Dumai	Riau	PP 28	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 29	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 30	1	0
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 31	1	0

Tabel K. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	311	90	476	67	50	35	30	47	10	-	-	-	-	-	-	-	-	14	24	26	49	**1.230**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**195**
CP03	-	-	125	-	-	-	-	-	-	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**179**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	173	27	53	9	31	55	22	12	-	-	-	-	**395**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**234**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	221	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**221**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	169	147	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**348**
CP08	113	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**174**
∑	**113**	**62**	**125**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**54**	**32**	**169**	**368**	**506**	**90**	**710**	**67**	**50**	**35**	**30**	**60**	**10**	**173**	**27**	**53**	**9**	**31**	**55**	**22**	**12**	**14**	**24**	**26**	**49**	**2.976**

Tabel K. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000).

Q_{jl}^{CP} (Ton)	Packing Plant																															Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,0	**48,0**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP03	-	-	54,4	-	105,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112,5	46,2	-	54,0	-	**372,0**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	30,0	18,4	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**85,9**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	41,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**41,6**
CP08	-	-	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**5,6**
∑	**-**	**-**	**60,0**	**-**	**105,0**	**-**	**-**	**30,0**	**60,0**	**37,5**	**-**	**30,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**112,5**	**46,2**	**-**	**54,0**	**18,0**	**553,2**

Tabel K. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
GP01	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60**
GP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
GP03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**-**	**60**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**60**

Tabel K. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																										Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	…	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
PP 01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PP 02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 03	-	17,3	-	42,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 05	-	-	-	-	-	35,2	69,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**105,0**
PP 06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 09	-	-	-	-	-	-	-	21,3	10,0	-	28,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**37,5**
PP 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 12	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 27	-	112,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**112,5**
PP 28	-	-	-	46,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**46,2**
PP 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
PP 30	-	-	-	-	-	-	-	11,4	-	42,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**54,0**
PP 31	-	-	-	-	17,5	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**18,0**
∑	**-**	**129,8**	**-**	**88,9**	**47,5**	**35,2**	**69,8**	**32,7**	**10,5**	**42,6**	**96,2**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**553,2**

LAMPIRAN L - Skenario penurunan *demand* 10%

Tabel L. 1 Data *demand* ketika terjadi penurunan sebesar 10%

Demand		Target *demand fullfilment (Ton)*	*Demand*		Target *demand fullfilment (Ton)*
D.I. Aceh	M 1	1.066.184	Kalbar	M 18	473.652
Sumut	M 2	1.815.470	Kalteng	M 19	327.335
Sumbar	M 3	1.186.774	Kalsel	M 20	288.801
Riau	M 4	1.410.432	Kaltim	M 21	567.353
Kepulauan Riau	M 5	449.916	Kaltara	M 22	96.642
Bengkulu	M 6	333.115	Sulsel	M 23	1.641.063
Jambi	M 7	661.408	Sulbar	M 24	256.144
Sumsel	M 8	309.864	Sulteng	M 25	504.308
Bangka – Belitung	M 9	99.580	Gorontalo	M 26	89.135
Lampung	M 10	911.970	Sulut	M 27	293.170
Banten	M 11	1.215.077	Sultera	M 28	521.189
D. K. I. Jakarta	M 12	1.602.749	Maluku	M 29	205.570
Jabar	M 13	3.488.105	Maluku Utara	M 30	110.087
Jateng	M 14	4.795.768	Papua Barat	M 31	130.455
D. I. Y.	M 15	854.813	Papua	M 32	222.977
Jatim	M 16	6.726.795	N. T. B.	M 33	246.251
Bali	M 17	637.818	N. T. T.	M 34	466.354

Tabel L. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant j ke grinding plant k.

	Biaya transportasi Clinker dari Cement Plant j ke Grinding Plant k (Tons x 10.000)			Sub total
	GP1	GP2	GP3	
CP01	-	-	-	-
CP02	-	-	-	-
CP03	44,4	-	-	44,4
CP04	-	-	-	-
CP05	-	-	-	-
CP06	-	-	-	-
CP07	-	-	-	-
CP08	-	-	-	-
∑	44,4	-	-	44,4

Tabel L. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup Grinding Plant k

Variabel		Grinding Plant		
		GP 01	GP 02	GP 03
Keputusan mengoperasikan	Y_K	1	0	0
Keputusan menutup	$(1-Y_K)$	0	1	1

Tabel L. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*

Packing Plant			Variabel	
			Operasi (Yl)	Tutup (1-Yl)
PP Malahayati	Aceh	PP 01	0	1
PP Lhoksumawe	Aceh	PP 02	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 03	0	1
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 04	0	1
PP Teluk Bayur	Sumatra Barat	PP 05	1	0
PP Bengkulu	Sumatra Barat	PP 06	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 07	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 08	1	0
PP Tanjung Priok	Jakarta Utara	PP 09	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 10	1	0
PP Banyuwangi	Jawa Timur	PP 11	0	1
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 12	1	0
PP Banjarmasin	Kalimantan Selatan	PP 13	0	1
PP Balikpapan	Kalimantan Timur	PP 14	0	1
PP Sorong	Papua Barat	PP 15	0	1
PP Celukan Bawang	Bali	PP 16	0	1
PP Makassar	Makassar	PP 17	0	1
PP Mamuju	Sulawesi Barat	PP 18	0	1
PP Biringkasi	Sulawesi Selatan	PP 19	0	1
PP Palu	Sulawesi Tengah	PP 20	0	1
PP Kendari	Sulawesi Tenggara	PP 21	0	1
PP Ambon	Maluku	PP 22	0	1
PP Bitung	Sulawesi Utara	PP 23	0	1
PP Maluku Utara	Maluku Utara	PP 24	0	1
PP Samarinda	Kalimantan Timur	PP 25	0	1
PP Lhoksumaue	Aceh	PP 26	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 27	1	0
PP Dumai	Riau	PP 28	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 29	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 30	1	0
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 31	1	0

Tabel L. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	285	23	439	64	47	33	29	5	10	-	-	-	-	-	-	-	-	13	22	25	47	**1.041**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**195**
CP03	-	-	119	31	7	-	-	-	-	68	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**239**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51	-	164	26	50	9	29	52	21	11	-	-	-	-	**414**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**234**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	159	-	62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**221**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39	160	190	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**390**
CP08	107	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**180**
∑	**107**	**73**	**119**	**31**	**7**	**-**	**-**	**-**	**-**	**68**	**54**	**160**	**349**	**480**	**85**	**673**	**64**	**47**	**33**	**29**	**57**	**10**	**164**	**26**	**50**	**9**	**29**	**52**	**21**	**11**	**13**	**22**	**25**	**47**	**2.913**

Tabel L. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000).

Q_{jl}^{CP} (Ton)	Packing Plant																															Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,0	**48,0**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP03	-	-	-	-	99,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112,5	46,2	-	54,0	-	**312,2**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**67,5**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**-**	**-**	**99,5**	**-**	**-**	**30,0**	**-**	**37,5**	**-**	**30,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**112,5**	**46,2**	**-**	**54,0**	**18,0**	**427,7**

Tabel L. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																	Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
GP01	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60**
GP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
GP03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**-**	**60**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**60**

Tabel L. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																										Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	…	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
PP 01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PP 02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 05	-	-	-	-	-	33,3	66,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**99,5**
PP 06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**37,5**
PP 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 12	-	-	-	-	20,0	-	-	-	10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 27	-	108,2	-	4,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**112,5**
PP 28	-	-	-	46,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**46,2**
PP 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 30	-	-	-	-	-	-	-	31,0	-	23,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**54,0**
PP 31	-	-	-	-	18,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**18,0**
∑	**-**	**108,2**	**-**	**50,5**	**38,0**	**33,3**	**66,1**	**31,0**	**10,0**	**23,0**	**67,5**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**427,7**

LAMPIRAN M - Skenario penurunan *demand* 15%

Tabel M. 1 Data *demand* ketika terjadi penurunan sebesar 15%

Demand		Target *demand fullfilment (Ton)*	*Demand*		Target *demand fullfilment (Ton)*
D.I. Aceh	M 1	1.006.952	Kalbar	M 18	447.338
Sumut	M 2	1.714.611	Kalteng	M 19	309.150
Sumbar	M 3	1.120.842	Kalsel	M 20	272.756
Riau	M 4	1.332.074	Kaltim	M 21	535.833
Kepulauan Riau	M 5	424.921	Kaltara	M 22	91.273
Bengkulu	M 6	314.608	Sulsel	M 23	1.549.893
Jambi	M 7	624.663	Sulbar	M 24	241.914
Sumsel	M 8	292.649	Sulteng	M 25	476.291
Bangka – Belitung	M 9	94.048	Gorontalo	M 26	84.183
Lampung	M 10	861.305	Sulut	M 27	276.883
Banten	M 11	1.147.573	Sultera	M 28	492.234
D. K. I. Jakarta	M 12	1.513.707	Maluku	M 29	194.150
Jabar	M 13	3.294.321	Maluku Utara	M 30	103.971
Jateng	M 14	4.529.337	Papua Barat	M 31	123.207
D. I. Y.	M 15	807.323	Papua	M 32	210.590
Jatim	M 16	6.353.084	N. T. B.	M 33	232.570
Bali	M 17	602.384	N. T. T.	M 34	440.446

Tabel M. 2 Jumlah clinker yang dikirim dari cement plant j ke grinding plant k.

Biaya transportasi Clinker dari Cement Plant j ke Grinding Plant k (Tons x 10.000)				Sub total
	GP1	GP2	GP3	
CP01	-	-	-	-
CP02	-	-	-	-
CP03	44,4	-	-	44,4
CP04	-	-	-	-
CP05	-	-	-	-
CP06	-	-	-	-
CP07	-	-	-	-
CP08	-	-	-	-
∑	44,4	-	-	44,4

Tabel M. 3 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup Grinding Plant k

Variabel		Grinding Plant		
		GP 01	GP 02	GP 03
Keputusan mengoperasikan	Y_K	1	0	0
Keputusan menutup	$(1-Y_K)$	0	1	1

Tabel M. 4 Keputusan tetap mengoperasikan atau menutup *Packing Plant l*

Packing Plant			Variabel	
			Operasi (Yl)	Tutup (1-Yl)
PP Malahayati	Aceh	PP 01	0	1
PP Lhoksumawe	Aceh	PP 02	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 03	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 04	0	1
PP Teluk Bayur	Sumatra Barat	PP 05	1	0
PP Bengkulu	Sumatra Barat	PP 06	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 07	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 08	1	0
PP Tanjung Priok	Jakarta Utara	PP 09	0	1
PP Ciwandan	Banten	PP 10	1	0
PP Banyuwangi	Jawa Timur	PP 11	0	1
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 12	1	0
PP Banjarmasin	Kalimantan Selatan	PP 13	0	1
PP Balikpapan	Kalimantan Timur	PP 14	0	1
PP Sorong	Papua Barat	PP 15	0	1
PP Celukan Bawang	Bali	PP 16	0	1
PP Makassar	Makassar	PP 17	0	1
PP Mamuju	Sulawesi Barat	PP 18	0	1
PP Biringkasi	Sulawesi Selatan	PP 19	0	1
PP Palu	Sulawesi Tengah	PP 20	0	1
PP Kendari	Sulawesi Tenggara	PP 21	0	1
PP Ambon	Maluku	PP 22	0	1
PP Bitung	Sulawesi Utara	PP 23	0	1
PP Maluku Utara	Maluku Utara	PP 24	0	1
PP Samarinda	Kalimantan Timur	PP 25	0	1
PP Lhoksumaue	Aceh	PP 26	0	1
PP Belawan	Sumatra Utara	PP 27	1	0
PP Dumai	Riau	PP 28	1	0
PP Batam	Kepulauan Riau	PP 29	0	1
PP Lampung	Sumatra Selatan	PP 30	1	0
PP Pontianak	Kalimantan Barat	PP 31	1	0

Tabel M. 5 Jumlah semen yang dikirim dari cement plants (CPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	258	-	401	60	45	31	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	21	23	28	**908**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**195**
CP03	-	-	112	2	4	-	-	-	-	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**180**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	54	9	155	24	48	8	28	49	19	10	-	-	-	16	**420**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**234**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	-	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**221**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	47	151	189	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**388**
CP08	101	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**124**
∑	**101**	**24**	**112**	**2**	**4**	**-**	**-**	**-**	**-**	**61**	**47**	**151**	**329**	**453**	**81**	**635**	**60**	**45**	**31**	**27**	**54**	**9**	**155**	**24**	**48**	**8**	**28**	**49**	**19**	**10**	**12**	**21**	**23**	**44**	**2.670**

Tabel M. 6 Jumlah semen bulk yang dikirim dari cement plant (CPs) ke packing plant (Tons * 10.000).

Q_{jl}^{CP} (Ton)	Packing Plant																															Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
CP01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,0	**48,0**
CP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP03	-	-	60,0	-	93,9	-	-	4,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112,5	46,2	-	54,0	-	**371,2**
CP04	-	-	-	-	-	-	-	23,3	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,8**
CP05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
CP07	-	-	-	-	-	-	-	2,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**2,2**
CP08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**-**
∑	**-**	**-**	**60,0**	**-**	**93,9**	**-**	**-**	**30,0**	**-**	**37,5**	**-**	**30,0**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**112,5**	**46,2**	**-**	**54,0**	**18,0**	**482,1**

Tabel M. 7 Jumlah semen yang dikirim dari grinding plants (GPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																																		Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
GP01	-	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60**
GP02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GP03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
∑	**-**	**-**	**-**	**60**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**60**

Tabel M. 8 Jumlah semen yang dikirim dari packing plant (PPs) ke market (Tons * 10.000).

Q_{jm}^{CP} (Ton)	Market																										Sub total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	…	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
PP 01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
PP 02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 03	-	60,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**60,0**
PP 04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 05	-	-	-	-	-	31,5	62,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**93,9**
PP 06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**37,5**
PP 11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 12	-	-	-	-	30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**30,0**
PP 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 26	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 27	-	87,9	-	24,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**112,5**
PP 28	-	-	-	46,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**46,2**
PP 29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PP 30	-	-	-	-	-	-	-	29,3	-	24,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**54,0**
PP 31	-	-	-	-	8,6	-	-	-	9,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**18,0**
∑	**-**	**147,9**	**-**	**70,8**	**38,6**	**31,5**	**62,5**	**29,3**	**9,4**	**24,7**	**67,5**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**482,1**